

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT-
ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT
ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE
DE SPÉLEOLOGIE

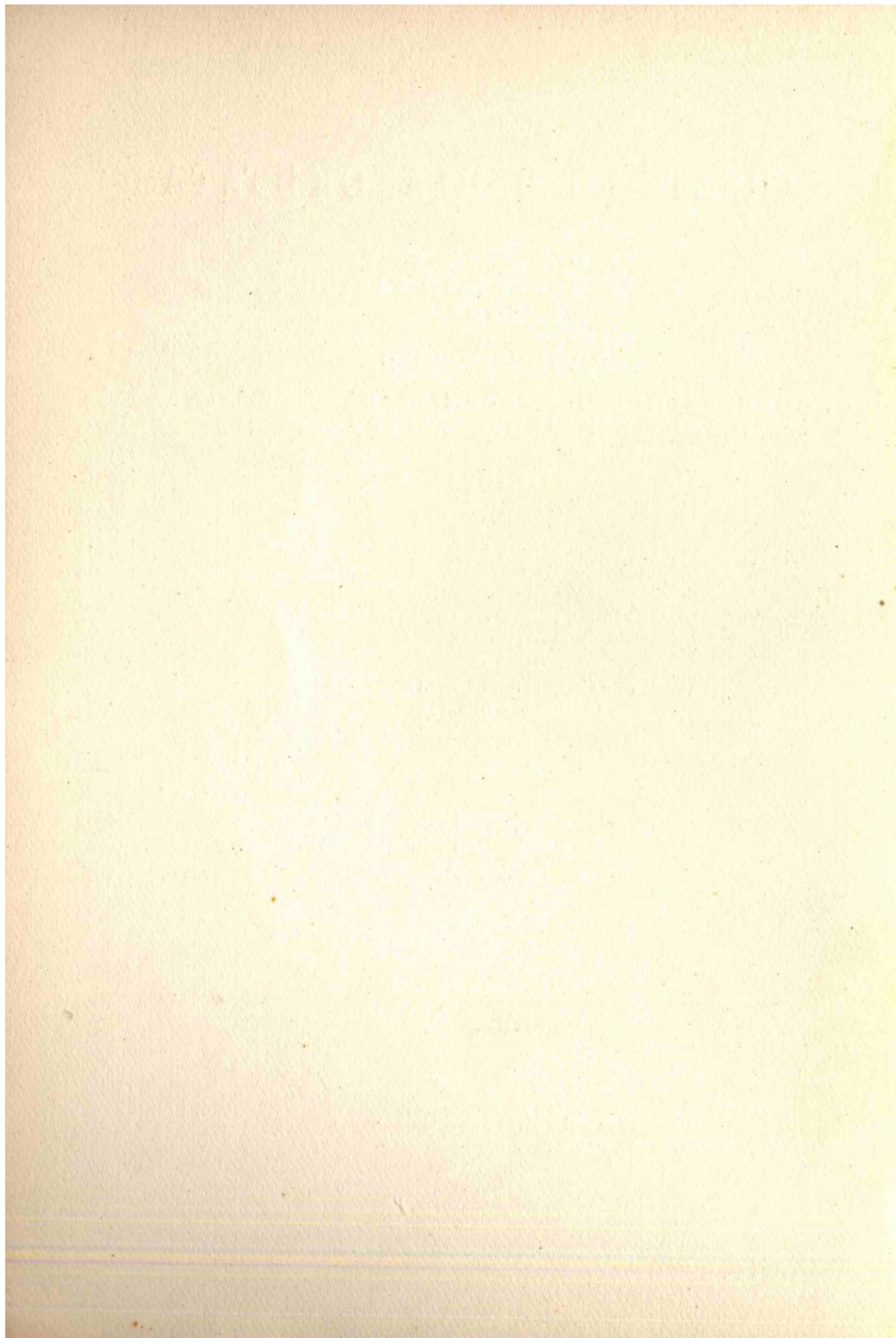
OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN
SPELEOLOGICAL SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ
UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

III. ÉVFOLYAM
1961



Kiadja a MTESZ keretében működő
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ BIZOTTSÁG
BUDAPEST
1962



KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT-
ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT
ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE
DE SPÉLÉOLOGIE

OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN
SPELEOLOGICAL SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ
UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

III. ÉVFOLYAM
1961



Kiadja a MTESZ keretében működő
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ BIZOTTSÁG
BUDAPEST
1962

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének keretében működő
Magyar Karszt- és Barlangkutató Bizottság kiadványa

Főszerkesztő:

Dr. DUDICH ENDRE

egyetemi tanár

Szerkesztő:

Dr. BERTALAN KÁROLY

Szerkesztőbizottság:

BARÁTOSI JÓZSEF, DR. HEGEDŰS GYULA (felelős szerkesztő), DR. JAKUCS LÁSZLÓ,
KÁRPÁ TINÉ RADÓ DENISE, DR. KESSLER HUBERT, DR. KRETZOI MIKLÓS,
DR. LÁNG SÁNDOR, DR. LOKSA IMRE, DR. PAPP FERENC, DR. VÉRTES LÁSZLÓ

Technikai szerkesztők:

DR. DÉNES GYÖRGY, MAUCHA LÁSZLÓ

Szerkesztőség:

Budapest, VIII., Puskin u. 3.

Felelős kiadó: Dr. Hegedűs Gyula

615729/4 - Zrínyi Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Bolgár Imre igazgató

A VASS IMRE-BARLANG RÉSZLETES HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATÁNAK ÚJABB EREDMÉNYEI

CZÁJLIK ISTVÁN

Készült az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének
Jósvafői Kutatóállomásán.

A mészkövek, dolomitok karsztosodása különféle fizikai és kémiai folyamatok eredményeképpen jön létre. Éppen ezért ezeknek a folyamatoknak részletes, átfogó ismerete igen fontos a karszt kutatás szempontjából.

A jelen közleményben ismertetendő vizsgálatok csupán kezdetét jelentik egy nagyobb, átfogó munkának. Ez a munka a karsztos közettömbben előforduló különféle vizek kémiai és fizikai vizsgálatával foglalkozik. Végső célja az, hogy átfogó képet adjon a karsztos közettömbön áthaladó víz fizikai és kémiai jellemzőinek kialakulásáról, változásáról. Ezek a vizsgálatok több szempontból is érdekesek. Először is a vizsgálatok eredményei választ adhatnak arra, a ma még nem teljesen megoldott kérdésre, hogy hogyan alakultak ki és hogyan változnak, alakulnak még ma is a különféle karsztjelenségek, víznyelők, töbrök, barlangjáratok stb. Másodszor ezen vizsgálatok alapján tovább lehetne fejleszteni azokat a módszereket, melyek a forrásvíz jellemző kémiai és fizikai tulajdonságaiból, illetve ezek időbeli változásából igyekeznek következtetéseket levonni a karsztforrás mögött húzódó járatrészek nagyságára, a karsztforráshoz tartozó vízgyűjtőterületre, a források felhasználhatóságára. Harmadszor ezek a vizsgálatok további adatokat szolgáltathatnak arra, hogyan alakulnak ki a barlangot díszítő különféle képződmények, cseppkövek, cseppkölefolyások, tetaratók stb.

Hogy mindezen kérdéseket megoldhassuk, a karsztban található különféle eredetű és tulajdonságú vizeket dialektikusan, egymással való kölcsönhatásukban kell megvizsgálni. Éppen ezért a vizsgálatok során végig szándékozunk követni a víz egész útját, kezdve a lehullott csapadéktól egészen addig, míg a víz forrás alakjában újból kibukkan a föld felszínére.

Ez a közlemény csupán a barlangban található vizek vizsgálatával foglalkozik, de szükségesnek találom röviden ismertetni a víz útját a felszíntől a barlang járataig, ugyanis a barlangba jutó vizek tulajdonságait igen nagy mértékben az szabja meg, hogy milyen előzetes hatásokon mentek keresztül.

1. Csapadékvíz

A karsztos területre zömmel csapadék alakjában kerül a víz. Ezért először a csapadékvízről kell néhány szót szólani.

A csapadékvíz nem tekinthető desztillált víznek, mivel a levegőn keresztül haladva

oldja a levegőben található gázokat és szilárd anyagokat. Elsősorban a levegőből elnyelt gázok a fontosak. Az esővíz viszonylag hosszú úton és nagy felülettel érintkezik a levegővel, így a benne oldott gázok többé-kevésbé elérik a telítettségnek megfelelő értéket. A különféle gázok különböző oldhatóságának következtében az esővízben lévő gázelegy összetétele nem egyezik meg a levegő összetételével. Ezt a következő táblázat is mutatja:

| gáz | esővízben | levegőben |
|-----------------|-------------|-------------|
| O ₂ | 34,95 tf. ‰ | 20,96 tf. ‰ |
| N ₂ | 61,12 tf. ‰ | 78,1 tf. ‰ |
| CO ₂ | 2,18 tf. ‰ | 0,04 tf. ‰ |
| Ar | 1,74 tf. ‰ | 0,9 tf. ‰ |

A táblázatból leolvasható, hogy széndioxid százalékosan kb. ötvenszer több az esővízben, mint a levegőben. Ez a mennyiség azonban még így is igen kevés. Ugyanis átlagosan 0,4–0,6 milliliter széndioxid van 1 liter esővízben, ami 16–25 mg CaCO₃-ot tud oldatba vinni. Ez megfelel 0,9–1,4 nk°-ú víznek. Azonban a karsztvíz keménysége általában ennél lényegesen nagyobb. Ebből következik, hogy a víznek valahol még tekintélyes mennyiségű (200–250 mg/l) széndioxidot kell felvennie. Ezt a mennyiséget, mint majd látni fogjuk, a talajból veszi fel.

A gázok összetétele a csapadékban eléggé állandó, mennyisége pedig a hőmérséklet függvénye. Az oldott szilárd anyagok mennyisége és minősége azonban lényegesen függ a domborzati viszonyoktól és a földrajzi környezettől, ugyanis az oldott anyagok a levegőben lebegő porszemekből kerülnek a vízbe s ezek mennyisége függ a földrajzi körülményektől. Ugyanakkor az esőzés elején nyilvánvalóan lényegesen több az oldott anyag mennyisége, mint az esőzés végén, mivel az eső lassan kiszűri a levegőből a porszemeket. Az esővízben oldott szilárd anyagok mennyisége általában nem jelentős, így például a keménység lényegesen alatta van az 1 nk°-nak. Tehát a karsztvizek összetételére az esővízben oldott anyagok (kivételesen az oxigén) nincsenek nagy befolyással és a karsztosodás szempontjából inkább az esővíz mennyisége, mint a minősége a fontos.

2. A lehullott csapadék további sorsa

A lehullott csapadék vagy a karsztos területen található talajra kerül, s ezen keresztül szivárogva jut érintkezésbe a mészkővel, vagy pedig egyenesen a talajt jóformán nem tartalmazó mészkőfelszínre hull le. E két esetben igen eltérő viszonyok állnak elő, ezért a két esetet külön kell tárgyalni.

a) *Talajra hulló csapadék.* A karsztos közet jellegzetes talaja a rendzina. Ez jellegzetes AC talaj. Bár karsztos területeink éghajlata inkább a podzolos erdei talajoknak kedvez, a jelenlévő Ca⁺⁺ ion megakadályozza a talaj kilúgozódását. A humuszsavakat ugyanis megkötö, a szilikátok bomlásából keletkező SiO₂ és Al₂O₃-dal pedig stabil, zeolitszerű komplexokat alkot s így megakadályozza ezek kilúgozódását is. A dolomiton általában tisztán található a rendzina, mészkövön rendzina mellett még található a barna erdei talaj s a különféle mértékben podzolosodott barna erdei talaj is. Ezek azonban elsősorban a mészkőre települt agyagon képződnek.

A karsztos kőzeten megtalálható még a terra rossa is. Ez a legkézenfekvőbb elmélet szerint reliktumként fordul elő és BC típusú talaj.

A talajon áthaladó víz lényeges változásokon megy át. A talajban található mikroorganizmusok és bomló anyagok elfogyasztják a vízben oldott oxigént és széndioxid-dal telítik azt. Ugyanakkor különféle szilárd anyagokat is old a víz, tehát a talajon keresztül haladt vízben igen csekély mennyiségű oxigén, sok széndioxid s több-kevesebb egyéb anyag is található. Így a kationok közül a Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , az anionok közül a HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} .

Mindebből látni, hogy a karsztosodás szempontjából a talajnak igen fontos a szerepe. Magyarországon a talaj szerepére elsőízben VENKOVITS ISTVÁN (18) mutatott rá s kísérleteket is végzett ezzel kapcsolatban. Azonban ezenkívül még további mérésekre lenne szükség. Az ezzel kapcsolatos munkákat el is kezdtük, ezekről részletesen majd a vizsgálatok befejezése után egy külön közleményben szándékozunk beszámolni.

b) *A fedetlen kőzetre lehullott csapadék.* A fedetlen kőzetre hullott esővíz sok oxigént, kevés széndioxidot s viszonylag kevés oldott anyagot tartalmaz.

3. A kőzeten keresztülhaladó víz

A mészkő repedésein leszivárgó víz a benne oldott széndioxid következtében oldja a mészkövet. Mivel a mészkövet zömmel CaCO_3 alkotja, az átszivárgó vízben elsősorban $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -ot találunk oldott állapotban. A magnézium-ion mennyisége ennek törtrésze, mivel pl. Jósivárfő környékén, ahol a vizsgálataimat folytattam, a mészkőben 0,65–3,0% MgO van CaO-ra számolva (6).

Nyilvánvaló, hogy a talajon keresztülhaladó víz magasabb széndioxidtartalmánál fogva, jóval több CaCO_3 és MgCO_3 -t tud oldani, mint a fedetlen sziklára hullott víz. Valóban, ahol a talaj hiányzik a mészkő felszínéről, lényegesen alacsonyabb a karsztvíz keménysége, mint amennyi általában lenni szokott. Így pl. KESSLER HUBERT Albániában 5,4–5,8 nk° keménységű karsztvizeket mért (9). Ennek oka az volt, hogy magas hegyekről lévén szó, a hegyek teteje kopár, hiányzik róluk a talajréteg. Ez a tény is a talajnak a karsztosodásban való lényeges szerepére mutat.

4. Víznyelőkön lejutó vizek

A karsztos kőzettömbbe jutó vizek másik része tág nyílásokon, víznyelőkön keresztül kerül a mélybe. A víznyelőkön keresztül lejutó vizeket is két csoportra oszthatjuk.

a) *Karsztos területekről eredő vizek.* Ebben az esetben egy magasabban fekvő karsztos forrásból származó vízről van szó, mely bizonyos felszíni folyás után újból eltűnik a kőzet belsejében. Ez a víz viszonylag kemény és több-kevesebb oldott oxigént tartalmaz. Az állandóan működő víznyelők alaphozamát ilyen eredetű vizek adják.

b) *Nem karsztos területekről lefolyó vizek.* Ezek elsősorban nagy esőzések, hóolvadáskor jutnak a mélybe. Mennyiségük igen nagy lehet. Meglehetősen lágy, oxigénben dús vizek. KESSLER HUBERT a Baradla-barlang víznyelőinél 2,2–5,4 nk° közötti vizeket mért (9).

Egyébként a víznyelőkkel kapcsolatos mérések száma nálunk igen csekély. Ezért szükség lenne a víznyelőkbe jutó vizek részletes vizsgálatára is.

A BARLANGI VIZEK VIZSGÁLATA

A barlangban található vizeket részben DUDICH E. (3) szerint a következőképpen lehet csoportosítani:

1. cseppkövek belsejéből csepegő vizek,
2. cseppkő lefolyásokról csepegő vizek,
3. falakról, mennyezetről csepegő vizek,
4. cseppkövek alatt összegyűlt talajtócsák,
5. cseppkőmedencékben összegyűlt vizek,
6. olvadás, zivatar után átfutó vizekből visszamaradt tócsák,
7. állandó vízü patakok vagy folyók,
8. homokos, kavicsos üledék közt meggyűlt vizek.

Hazai viszonylatban ezekről igen kevés adat áll rendelkezésre (1, 2, 9, 13).

Vizsgálataimat a jósvafői Vass Imre-cseppkőbarlangban végeztem. Ezt a barlangot 1954-ben az ÉKME Ásvány- és Földtani Tanszékének barlangkutató csoportja tárta fel, miután a hidrológiai, földtani, tektonikai stb. viszonyok vizsgálata alapján a barlang létezését előre kimutatta. A barlang bejárata Jósvafőtől északnyugatra kb. 2 km távolságra, a Kistohonya völgy végénél található, hol egy régi eltömődött árvízi forrás-száját bontottak ki. A barlang középsőtriász ún. wettersteini mészkőben húzódik, melyet wettersteini dolomit vesz körül. A barlang jelenleg 1 km hosszúságban ismeretes a mellékjáratokat is beleszámítva. Állandó jellegű barlangi patakja nem ismeretes, a vizeket valószínűleg egy alsó járat vezeti le. Ezt azonban eddig még nem sikerült elérni, bár a barlang középső részénél kibontottak 7 m mélységben egy barlangi viznyelőt. Folyóvíz csak akkor jelenik meg a jelenleg ismert járatokban, ha árvízkor az alsó járatok már nem tudják levezetni a vizet. A barlang cseppkövekben gazdag s több állandó vízü tava s cseppkőmedencéje is van.

A helyi adottságoknak megfelelően elsősorban az álló és csepegő vizeket vizsgáltam. Mivel, mint már a bevezetőben is láttuk, a vizeket útjuk során sokféle hatás éri és minden egyes mérésnél nem lehet minden hatást figyelembe venni, csupán rendszeres, sorozatos mérésekből szabad általánosabb következtetéseket levonni (1). Emiatt, s mivel a barlangi vizekről mindmáig igen kevés adatunk van, első feladatomban azt tekintettem, hogy nagy számú, rendszeres mérést végezzek. Nyilvánvaló azonban, hogy ilyen körülmények között nem lehet minden mintánál a teljes analízist elvégezni. Ezért csak a legjellemzőbb tulajdonságokat vizsgáltam, úgymint az összes keménységet, illetve ami ennek függvénye, a fajlagos vezetőképességet és a vízhozamot (illetve e helyett inkább a csepegés intenzitását).

A mintákat polietilénből készült palackokba gyűjtöttem össze. A polietilén előnye: könnyű, nem törik össze, s jól bírja a barlangi viszonyokat (nagy páratartalom, alacsonyabb hőmérséklet). A vezetőképesség mérésének nagy részét a barlangban végeztem el, a többi vizsgálatot a barlang mellett lévő kutatóállomás laboratóriumában.

A csepegési intenzitást stopper óra segítségével mértem, az ellenállást KESSLER H. által tervezett váltóáramú Wheastone hiddal. A keménység mérése Komplexon III. oldat segítségével történt.

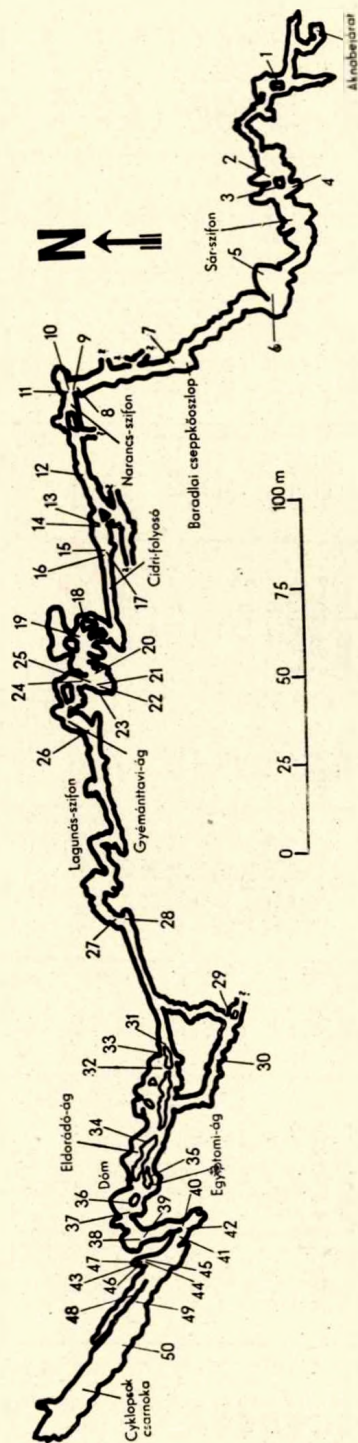
Mérési eredmények

Először röviden az egyes mintavételi helyeket ismertetem:

1. A barlang elején a földtől 0,5 m magasan jobboldalt egy 0,5 cm vastag rövid cseppkőből csepeg a víz egy sztalagmitra.
2. A „Kettős cápaszáj” nevű képződmény felett 0,5 m-re egy 1,5 cm vastag cseppkő belsejéből csepeg a víz egy cseppkőképződményre.
3. A „Sár-szifon” vize. Csak nedvesebb időben van benne víz.
4. A „Sár-szifon” után balra 1,5 m magasan egy cseppkőcsomkból csepegő víz.
5. Az „Eresz” nevű képződménnyel szemben 2 m magasan egy rövid fehér cseppkőből csepeg a víz. Érdekessége, hogy a cseppkőre felülről is csepeg víz s így a csepegés intenzitása változó.
6. Az „Eresz” nevű képződménnyel szemben 1,5 m magasan egy letört cérnacseppkő csomkjából csepeg ki a víz.
7. A „Baradlai oszlop”-nál egy teljesen letört cseppkő csomkjából csepeg a víz kb. 1,5 m magasról.
8. A „Narancs zuhatag”-gal szemben a fal alján csepegő vizekből összegyűlt talajtócsa.
9. A 8. sz. mintavevőhely felett a fal oldalán lévő cseppkő, melynek a külső oldalán folyik a víz.
10. Az előző mintavevő hely mellett levő, az előzőhöz hasonló cseppkő felületéről csepegő víz.
11. A „Narancs zuhatag”-nál 1,5 m magasan egy 5 m hosszú cseppkő belsejéből csepegő víz.
12. A „Fúró” nevű képződmény lábánál lévő, árvizből visszamaradt tócsa.
13. A „Lepel” nevű fehér cseppkőfüggönyről csepegő víz.
14. A „Lepel” nevű fehér cseppkőfüggönyről csepegő víz.
15. A „Didergések folyosója” elején jobbra a magasból egy 30 cm magas sztalagmitra csepegő víz.
16. Az előző mintavételi hely mellett egy cseppkőlefolyásról lecsepegő víz.
17. Az előző mintavételi hellyel szemben a baloldalon egy 0,5 m magasan levő cseppkő-csomkból csepegő víz.
18. A „Dzsungel” nevű járatrészen magasról csepegő víz.
19. A „Dzsungel” nevű járatrészen magasról csepegő víz. az előző helytől kb. 2 m-re.
20. A „Sivatag” nevű járatrész elején egy teljesen letört cseppkő csomkjából csepegő víz.
21. A „Sivatag”-ban egy cérnacseppkőből csepegő víz.
22. A „Sivatag”-ban 0,7 m magasan levő vastag, 10 cm hosszú cseppkő belsejéből csepegő víz
23. A „Sivatag”-ban egy 0,7 m magasan levő cseppkőcsomkból csepegő víz.
24. A „Sivatag”-ban egy cseppkő-oszlop oldalából csepegő víz.
25. A „Sivatag”-ban jobboldalt egy barna cseppkő belsejéből csepegő víz.
26. A „Sivatag” végénél a barlangtal oldaláról kb. 1 m magasról csepegő víz.
27. A „Cseppkőlugas” előtt a mennyezetről csepegő víz.
28. A „Cseppkőlugas” egyik cseppkővéből csepegő víz.
29. A „Fekete szifon” vize a barlang legalsó járatában.
30. A „Dérnye” nevű képződményre egy cseppkő belsejéből lecsepegő víz a barlang legalsó járatában.
31. Az „Egyiptomi ág” nevű barlangszakaszban egy oldalfülkében található cseppkőmedence vize.
32. „Vörös tó” vize. Cseppkőmedence a barlang legfelső járatában.
33. Cseppkő belsejéből csepegő víz a „Vörös tó” mellett.
34. Cseppkőmedence a legfelső járatban.
35. Fal mellett levő, csepegő s szivárgó vizekből összegyűlt tócsa a középső ágban.
36. A „Dóm”-ban egy sztalagmitra a mennyezetről lecsöpögő víz.
37. Mennyezetről csepegő víz a „Dóm” nevű teremben.
38. Cseppkő belsejéből csepegő víz.
39. Az előző cseppkő mellett 5 cm-re levő cseppkőből csepegő víz. A két cseppkő egy sziklapárkányon található több más cseppkővel egyetemben. A párkány mondmilch-hel van borítva.
40. Talajtócsa a „Cyklopsok útján”.
41. Talajtócsa a „Cyklopsok útján”, az előbbtől 1,5 m-re.
42. Mennyezetről csepegő víz a „Cyklopsok útján”. A vízből mondmilch válik ki a barlang falán.
43. Mennyezetről csepegő víz egy oldalfülkében.
44. Mennyezetről csepegő víz egy oldalfülkében.
45. Mennyezetről csepegő víz egy oldalfülkében.
46. Cseppkő belsejéből csepegő víz az előbbi oldalfülkében kb. 1,8 m magasan.
47. Az előző fülke oldalfalán lefolyó víz. A fülke falai mondmilch-hel vannak borítva.
48. A „Vizes ág” nevű szakaszban árvizből visszamaradt tócsa vize.
49. A „Cyklopsok csarnoka” elején a mennyezetről csepegő víz.
50. A „Cyklopsok csarnoka” közepén a mennyezetről egy sztalagmitra csepegő víz.

I. táblázat

| Mintavevő hely száma | 1979. VIII-IX. hónap | | 1979. XI. hónap | | 1980. I. hónap | | 1980. III. hónap | | 1980. IV. hónap | |
|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| | sec/csepp | fajlagos vezetőképesség | sec/csepp | fajlagos vezetőképesség | sec/csepp | fajlagos vezetőképesség | sec/csepp | fajlagos vezetőképesség | sec/csepp | fajlagos vezetőképesség |
| 1 | - | - | - | - | - | 5,15 10 ⁻⁴ | - | 1,3" | 13" | 3,33 10 ⁻⁴ |
| 2 | - | - | - | - | 9,8" | - | 5,46 10 ⁻⁴ | 0,6" | 0,6" | 5,70 10 ⁻⁴ |
| 3 | - | - | - | - | - | - | 3,18 10 ⁻⁴ | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - | - | - | 6,14 10 ⁻⁴ | 56" | 56" | 5,24 10 ⁻⁴ |
| 5 | 8" | - | 16" | 4,43 10 ⁻⁴ | 105" | 2,91 10 ⁻⁴ | 121" | 293" | 293" | - |
| 6 | 4,8" | 6,08 10 ⁻⁴ | - | - | - | - | - | - | - | 4,04 10 ⁻⁴ |
| 7 | 31,5" | 6,74 10 ⁻⁴ | 35" | 6,38 10 ⁻⁴ | 38" | 5,50 10 ⁻⁴ | 45" | 42" | 42" | 4,94 10 ⁻⁴ |
| 8 | - | 3,50 10 ⁻⁴ | - | 2,28 10 ⁻⁴ | - | 1,85 10 ⁻⁴ | - | - | - | - |
| 9 | 35,8" | 3,50 10 ⁻⁴ | 153" | 2,00 10 ⁻⁴ | 273" | 1,70 10 ⁻⁴ | 192" | 71" | 71" | 1,87 10 ⁻⁴ |
| 10 | 42,8" | 4,05 10 ⁻⁴ | 54" | 1,96 10 ⁻⁴ | 156" | 1,63 10 ⁻⁴ | 61" | 34" | 34" | 2,51 10 ⁻⁴ |
| 11 | 2" | 5,24 10 ⁻⁴ | 34" | 5,28 10 ⁻⁴ | 31" | - | 34" | 32" | 32" | 4,98 10 ⁻⁴ |
| 12 | - | 4,48 10 ⁻⁴ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 12,2" | 3,42 10 ⁻⁴ | - | 1,86 10 ⁻⁴ | 139" | 1,64 10 ⁻⁴ | 185" | 256" | 256" | 1,74 10 ⁻⁴ |
| 14 | - | 3,45 10 ⁻⁴ | 52" | 1,78 10 ⁻⁴ | 103" | 1,55 10 ⁻⁴ | 130" | 169" | 169" | 1,70 10 ⁻⁴ |
| 15 | 12,5" | 5,70 10 ⁻⁴ | 236" | - | 566" | - | 490" | - | - | - |
| 16 | 6,1" | - | 81" | - | 89" | 3,61 10 ⁻⁴ | 98" | 79" | 79" | 3,68 10 ⁻⁴ |
| 17 | - | 6,52 10 ⁻⁴ | 9,5" | 6,88 10 ⁻⁴ | 17" | 6,54 10 ⁻⁴ | 26" | 34" | 34" | 6,44 10 ⁻⁴ |
| 18 | - | - | - | - | - | - | - | 43" | 43" | 1,91 10 ⁻⁴ |
| 19 | 31" | 3,17 10 ⁻⁴ | 93" | 1,77 10 ⁻⁴ | 154" | 4,95 10 ⁻⁴ | 266" | 235" | 235" | 4,45 10 ⁻⁴ |
| 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 65" | 6,53 10 ⁻⁴ | 37" | 5,84 10 ⁻⁴ | * | - | * | * | * | - |
| 22 | 107" | 7,05 10 ⁻⁴ | - | - | * | - | * | * | * | - |
| 23 | 42" | 6,17 10 ⁻⁴ | - | - | 78" | - | - | - | - | - |
| 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | - | - | - | - | - | - | - | 53" | 53" | 5,18 10 ⁻⁴ |
| 26 | 58" | 3,42 10 ⁻⁴ | 211" | - | * | - | 45" | 0,8" | 0,8" | 5,64 10 ⁻⁴ |
| 27 | - | - | - | - | - | - | 131" | 35" | 35" | 2,01 10 ⁻⁴ |
| 28 | - | - | - | - | - | - | 8" | 43" | 43" | 3,88 10 ⁻⁴ |
| 29 | - | 4,91 10 ⁻⁴ | - | 4,79 10 ⁻⁴ | 11" | - | - | 6" | 6" | 4,44 10 ⁻⁴ |
| | | | | | - | 4,39 10 ⁻⁴ | - | - | - | 2,90 10 ⁻⁴ |



1. ábra. A Vass Imre-barlang alaprajza a mintavevő helyek felüntetésével (1-50).

Fig. 1. Ground plot of the Vass Imre cave indicating the sampling points.

II. táblázat

| Mintavevő hely | 1959. XI. hónap | | 1960. III. hónap | | 1960. IV. hónap | |
|-------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | Fajlagos vezető-képesség | Keménység | Fajlagos vezető-képesség | Keménység | Fajlagos vezető-képesség | Keménység |
| 2 | | | | | 5,7 | 22,73 |
| 4 | | | 2,01 | 7,08 | | |
| 5 | 4,43 | 17,60 | | | | |
| 7 | 6,19 | 24,85 | | | | |
| 8 | 2,28 | 8,39 | 1,74 | 6,24 | | |
| 9 | | | 1,91 | 6,66 | | |
| 10 | | | 1,65 | 5,70 | 2,51 | 9,04 |
| 11 | 5,15 | 20,60 | | | | |
| 13 | 1,82 | 6,52 | 1,60 | 6,34 | | |
| 14 | 1,78 | 6,26 | 1,53 | 4,92 | | |
| 15 | 1,89 | 6,83 | | | 4,92 | 21,0 |
| 16 | | | 3,23 | 12,79 | | |
| 17 | 6,68 | 26,85 | 6,40 | 23,77 | | |
| 21 | 5,84 | 22,67 | | | | |
| 25 | | | | | 4,55 | 17,7 |
| 26 | | | 1,78 | 6,08 | | |
| 29 | 4,79 | 18,63 | | | | |
| 31 | 3,33 | 12,58 | | | | |
| 32 | 3,88 | 15,20 | 2,67 | 8,34 | | |
| 36 | 3,50 | 13,67 | 3,73 | 13,48 | | |
| 39 | 3,36 | 12,42 | 2,69 | 10,04 | | |
| 43 | | | 2,47 | 8,13 | | |
| 44 | | | 3,87 | 13,95 | | |
| 48 | 3,96 | 17,60 | | | | |
| 49 | | | 5,35 | 21,29 | | |
| Kistohonya forrás | 5,29 | 21,78 | | | | |
| Baradla tó | | | | | 4,50 | 17,7 |
| Baradla tó vége | | | | | 4,14 | 15,4 |
| Stryx | | | | | 3,62 | 13,4 |
| Retekág pocsolya | | | | | 4,95 | 17,9 |

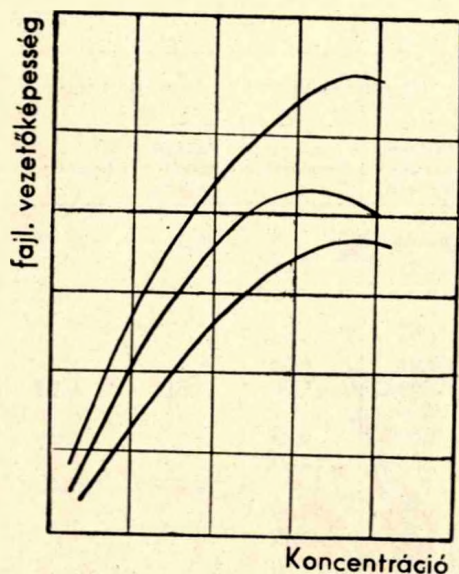
A mérésekből levonható következtetések

1. Összes keménység, fajlagos vezetőképeség közti összefüggés

A vízben oldott összes sómennyiség és a fajlagos vezetőképeség összefüggését külföldön már többen vizsgálták. A vezetőképeség mérése ugyanis igen előnyös: gyors, pontos, egyszerű, helyszínen elvégezhető, könnyen betanítható.

Nyilvánvaló, hogy a karsztvizeknél egyértelmű összefüggésnek kell lenni a keménység és a fajlagos vezetőképeség között, mivel a karsztvizekben a keménységet okozó $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ mennyisége dominál.

A koncentráció és a fajlagos vezetőképeség közti általános összefüggés nem ismeretes, a görbe lefutása azonban rendszerint a következő:



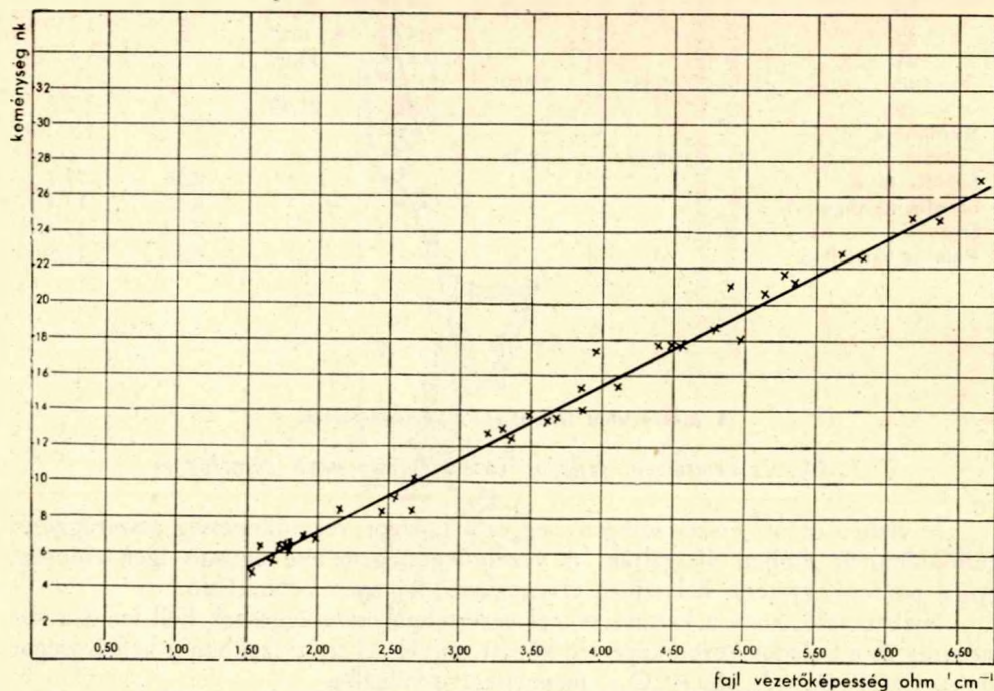
2. ábra. Összefüggés különböző oldatok fajlagos vezetőképessége és koncentrációja között.

Fig. 2. Relationship between the specific conductivity and the concentrations of different solutions.

A kezdeti szakasz első közelítésben neáris, és mivel a karsztvizek híg oldatoknak tekinthetők (10^{-3} – 10^{-4} n), tehát várható, hogy lineáris összefüggés fog mutatkozni a karsztvizek fajlagos vezetőképessége és koncentrációja, illetve ami ennek függvénye, a keménysége között.

A mérési eredmények igazolták ezt a feltevést. A következő ábra 39 mérés alapján készült. Ezek: Vass Imre-barlangi csepegő és állóvizek, a Kistohonya forrás vize s a baradlai Styx folyó vize (3. ábra).

Magyarországon KESSLER H. (9) végzett hasonló méréseket. Ő azonban a fajlagos ellenállás (a fajlagos vezetőképesség reciprokja) és az összes keménység közti összefüggést vizsgálta. Nyilvánvalóan ezek közt szintén egyértelmű függvénykapcsolat áll fenn, azonban a fajlagos ellenállás torzítva tükrözi a koncentráció-viszonyokat. Mint KESS-



3. ábra. Összefüggés az összes keménység és a fajlagos vezetőképesség között.

Fig. 3. Relationship between total hardness and specific conductivity.

LER H. idézett munkájában is látható, a fajlagos ellenállás és az összes keménység közti összefüggést egy hiperbola alakú görbe írja le. Ez okozza azt, hogy ugyanakkora keménység változásnak más-más fajlagos ellenállás változás felel meg, attól függően, hogy milyen kemény vízről van szó. Így pl. 5,0–6,0 nk° vizek esetében, ha a keménység 1 nk°-kal megváltozik, ennek majdnem 1000 ohm fajlagos ellenállás változás felel meg. Nagyobb keménységű vizeknél (15–16 nk°) 1 nk° változás ezzel szemben csupán 50–100 ohm fajlagos ellenállás változást okoz. Ha ellenben a fajlagos vezetőképességet tekintjük, azonos keménység változáshoz mindig ugyanakkora vezetőképesség változás tartozik.

Tehát megállapítható, hogy a karsztvíz kémiai tulajdonságainak jellemzésére a fajlagos vezetőképesség megfelelőbb, mint a fajlagos ellenállás. Ugyanakkor megvan az az előny is, hogy nem kell grafikont rajzolni a keménység ki számításához, hanem (egyenest arányról lévén szó) egy elsőfokú egyenlettel megadható a fajlagos vezetőképesség és a keménység közötti összefüggés. A mérési eredményekből a következő egyenlet adódik:

$$y = 41700 x - 1,0$$

ahol y = a keménység német keménységi fokban

x = a fajlagos vezetőképesség $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ -ben.

Ez az összefüggés a mérések tanúsága szerint $1,5 \cdot 10^{-4} - 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ vezetőképességi tartományban érvényes. Valószínű azonban, hogy ennél szélesebb intervallumban is használható. Az összefüggés alapján kiszámítható, hogy 1 nk° változásnak $2,39 \cdot 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ fajlagos vezetőképesség változás felel meg.

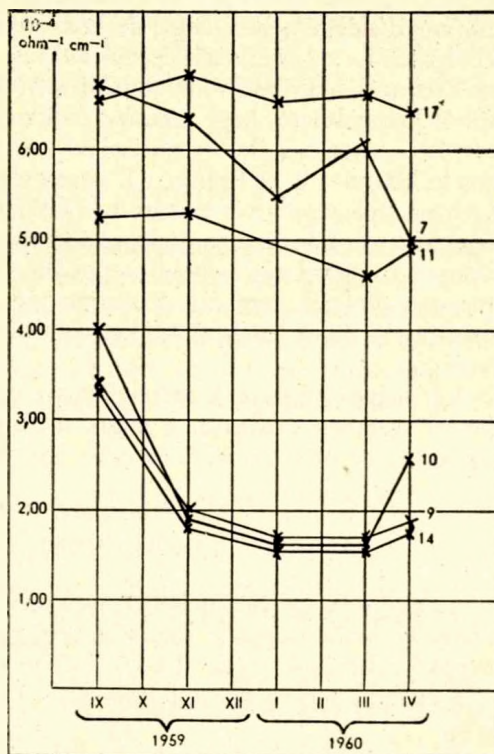
2. Különféle típusú barlangi csepegő vizek

A következő ábrán különféle barlangi csepegő vizek fajlagos vezetőképességét láthatjuk ábrázolva az idő függvényében. Nem ábrázoltam valamennyi mintahelyen mért értéket, mivel az túl bonyolulttá tette volna az ábrát, csupán néhány jellemző, az egyes típusokat képviselő értéket hordtam fel.

Két csoportra lehet osztani az itt előforduló vizeket:

- a) keménység 24 nk° körül,
- b) keménység 14 nk° körül.

Az első típust azok a vizek al-



4. ábra. A Vass Imre-barlangi csepegő vizek fajlagos vezetőképességének változása az idő függvényében.

Fig. 4. Variation in specific conductivity of dripping waters in the Vass Imre cave as a function of time.

kotják, melyek a cseppkövek belsejéből csepegnek ki. Másik típusba pedig azok a vizek tartoznak, melyek cseppkölefolyások, cseppközászlók stb. felszínén csurognak lefelé. Felmerül a kérdés, mi okozza a két típus közötti lényeges különbséget. A válasz kézenfekvő. Az első típusnál a víz lecseppenés előtt viszonylag rövid ideig és kis felületen érintkezik a levegővel, a másik típusú vizek esetén a víz hosszú ideig és nagy felületen érintkezik a külvilággal. Mivel a vízben levő, a hidrokarbonátokat oldatban tartó tartozékos szén-sav nincs egyensúlyban a levegő széndioxidjával, a víz a levegővel érintkezve széndioxidot veszít s ennek következtében CaCO_3 kiválás jön létre. A széndioxid vesztes nyilvánvalóan az első típusnál jóval kisebb, ezért lép fel a két típus közt keménységi különbség. Ennek a feltevésnek igazolására laboratóriumi kísérleteket is végeztem. 21,0 nk° karsztvizet bürettából egy cseppkődarabra csepegtettem s mértem a cseppkődarabról lecsepegő víz keménységét. Különböző sebességekkel csepegtetve a vizet, a következő értékeket kaptam:

Igen lassú (kb. 5 ml/óra) csepegésnél a keménység 12,6 nk°.

Gyorsabb csepegésnél (kb. 30 ml/óra) a keménység 17,7 nk°.

Igen gyors csepegésnél keménységváltozás jóformán nem volt.

Nyilvánvaló, hogy nem csupán a felületen lefolyó víz esetében történik kiválás, hanem a cseppkő belsejéből lecsöppenő víz esetében is, habár kisebb mértékben. Hisz éppen ez a lassú kiválás építi fel fokozatosan a cseppköveket. Ennek nagyságát közvetlenül mérni eléggé nehéz lenne, de közvetett úton sikerült tájékoztatást kapni ebben a kérdésben is, a következőképpen: mértük a cseppkő súlygyarapodását bizonyos idő alatt s mértük, hogy ennyi idő alatt mennyi víz csepeg ki a cseppkő belsejéből. E két adatból kiszámítható, hogy mennyit csökken a víz keménysége. A cseppkő gyarapodását ún. „robot cseppkő” segítségével mértük. A mérés elvét kutatócsoportunk dolgozta ki MAUCHA L. és FEJÉRDY I. vezetésével. A mérés a következőképpen történik: kis letört cércacseppkővet exikátorban kiszárítunk s analitikai mérlegen 0,0001 gr pontossággal lemérünk. Ezután a cseppkődarabkát beszállítjuk a barlangba, műanyagcsővecske segítségével egy csepegő cseppkőhöz illesztjük úgy, hogy a víz a cseppkő belső csatornáján folyjék keresztül. Bizonyos idő után levesszük a „robot cseppkővet”, kiszárítjuk és újból lemérjük. A két mérés különbsége adja meg a cseppkőnövekedés mértékét.

Két helyen végeztünk méréseket. Az egyik mintahely az „Eresz” nevű képződménnyel szemben található, a másik a „Sivatag” nevű barlangszakaszban. Az első méréssorozatot 1959. szept. 8. és 1959. nov. 8. között végeztük. Eredménye:

első mintahely: 0,1634 gr,

második mintahely: 0,0192 gr.

Az első mintahelynél észlelt lényegesen nagyobb súlynövekedés oka valószínűleg az, hogy a „robot cseppkő” illesztése nem volt tökéletes a cseppkőhöz, s így nemcsak a cseppkő belsejéből csepegett a víz, hanem az oldalán is folyt.

A második méréssorozatot 1959. nov. 13. és 1960. ápr. 8. között végeztük. Eredménye:

első mintahely: 0,1650 gr,

második mintahely: 0,0546 gr.

Az első mintahelyen ennyi idő alatt kb. 29,5 l átlag 25 nk°-os víz csepegett le, míg a másodikon kb. 31,2 l átlag 15 nk°-os. E két adatból kiszámítható, hogy a cseppkő

belsejében lévő és a lecszeppenő víz keménységének különbsége első esetben kb. $0,3 \text{ nk}^\circ$, a második mintahelynél kb. $0,1 \text{ nk}^\circ$.

Ha kiszámítjuk, hogy 1 év alatt mekkora a cseppkő-gyarapodás, akkor az első esetben $0,4088 \text{ gr}$ -ot, a második esetben $0,1350 \text{ gr}$ -ot kapunk eredményül. Ebből kiszámítható a cérnacseppkő hosszának növekedése is. Az I. számú mérőhelyen elhelyezett „robot cseppkő” hossza ui. 6 cm volt s súlya $3,5794 \text{ gr}$, tehát 1 cm hosszú cseppkő súlya kb. $0,6 \text{ gr}$. Az eredmény ebből következően kb. 6 mm/év .

3. Csepegő vizek keménységének változása az idő függvényében

A 4. ábrából kiolvasható, hogy a csepegő vizek fajlagos vezetőképessége, illetve ami ennek egyértelmű függvénye, a keménysége, nemcsak a típus szerint, hanem egy és ugyanazon cseppkőnél az idő függvényében is változik. Ugyanarról a helyről származó víz keménysége közt $8\text{--}10 \text{ nk}^\circ$ különbség is lehet. Felmerül a kérdés, mi okozza ezt a nagyméretű változást. Ennek a következő okai lehetnek:

a) Lassúbb csöpögésnél több kiválás történik. De ez elsősorban csak felületi lefolyásoknál állhat fenn.

b) Már eleve más keménységű víz érkezik le a barlangba. Ennek oka a talajban végbemenő változás lehet, mivel – mint a bevezetőben is láttuk – a karsztvíz keménysége nagy mértékben függ a talajtól. A görbékkel leolvasható, hogy a keménység nyáron a legmagasabb, télen pedig lecsökken. Ennek feltehetően az az oka, hogy télen átfagy a talaj, lecsökken az életműködés, emiatt kevesebb széndioxid jut a vízbe s emiatt lágyabbak lesznek a vizek.

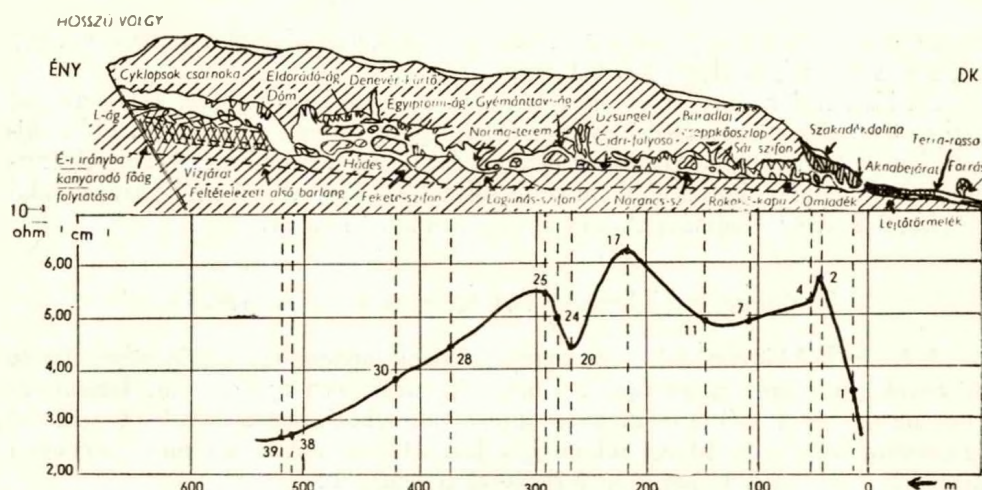
4. A vízhozam és keménység közti összefüggés

Mint már említettük, ez elsősorban a cseppkőlefolyásoknál jelentős. De ha megvizsgáljuk a cseppkőlefolyásoknál a vízhozam és a keménység összefüggését, egyértelmű változást nem tapasztalunk. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a keménység kialakulásában olyan sok hatás játszik közre, hogy az egyik elnyomhatja a másikat. Laboratóriumban, ahol a körülmények szabályozhatók, és a zavaró momentumok kizárhatók, a vízhozam és a keménység közt egyértelmű összefüggés található. Erről részletesen már az előbbieken szó volt.

5. A csepegő vizek keménységének változása a barlang hosszának függvényében

Az 5. ábrán a csepegő vizek fajlagos vezetőképessége van ábrázolva egy adott időpontban a barlang hosszának függvényében. Itt csupán a cseppkő belsejéből kicsepegő vizeket vettem figyelembe, mivel a felületen végigfolyó víz keménységét sok egyéb hatás is befolyásolja. Az ábrából a következő olvasható ki:

A barlang elején alacsony a víz keménysége ($11\text{--}12 \text{ nk}^\circ$). Ennek oka: a kőzet vastagsága csekély s a kőzet erősen összetöredezett. Befelé haladva nő a vizek keménysége s rövidesen eléri a $22\text{--}26 \text{ nk}^\circ$ -ot. A barlang vége felé a „Lagunás szifon”-on túl a keménység újra csökken (egészen 9 nk° -ig), ennek valószínűleg az az oka, hogy a barlang végénél a felszínen a talajmennység csökken, a barlang végpontjánál pedig a felszín már erősen sziklás. Ez a tény is bizonyítja a talaj szerepét a karsztvizek keménységének kialakulásában.



5. ábra. A Vass Imre-barlangi csepegő vizek fajlagos vezetőképességének változása a barlang hosszának függvényében.

Fig. 5. Variation in specific conductivity of dripping waters in the Vass Imre cave as a function of the length of the cave.

6. A karsztvizek keménységének változása állás közben

Mint már említettem, a karsztvizek nem stabilis rendszerek. Ugyanis a tartozékos-széndioxid, mely oldatban tartja a vízben levő hidrokarbonátokat, nincs egyensúlyban a levegőben lévő széndioxiddal. A levegőben egyensúlyban levő víz barlangi körülmények között kb. 1,2 mg/l széndioxidot tartalmaz s ez megfelel az 5 nk° vízben levő egyensúlyi széndioxid mennyiségének. Amennyiben tehát a víz változó keménysége e felett van, mindaddig CaCO_3 válik ki belőle, míg kb. az 5 nk°-ot el nem éri.

Ezzel kapcsolatban két irányban is folytattam vizsgálatot:

a) Vizsgáltam, hogy mennyi ideig lehet raktározni a keménység-vizsgálatok céljára a karsztvizeket. Ugyanis gyakran a helyszínen nem lehet elvégezni a vizsgálatot, hanem a mintát laboratóriumba kell szállítani. Nyitott üvegben már néhány óra múlva is mérhető változás lépett fel, különösen magasabb hőmérséklet esetén. Zárt üvegben, amennyiben azt légbuborékmentesen zártuk le, a széndioxid nem tudván eltávozni, 3-4 napig is raktározható volt a víz. Természetesen ez csak a keménységvizsgálat szempontjából van így, az oxigén, oxignéifogyasztás mérésénél ez nem áll fenn.

b) Vizsgáltam különféle karsztvizeket, hogy mi történik velük, ha huzamosabb ideig állnak a barlangban. A vizeket polietilénből készült poharakba helyeztem el, a barlangban lévő laboratóriumban és vezetőképességük változását mértem az idő függvényében.

A mérések eredménye: egy indukciós periódus után, mely legfeljebb 1-2 napig tartott, a minták többségénél megindult a kiválás. (Az indukciós periódus oka valószínűleg az, hogy az első kristályok kiválásához túltelítettségre van szükség.) A 8 nk°-nál keményebb vizeknél minden esetben megtörtént a kiválás, a víz tetején vékony mészkőhártya formájában, s a vizek keménysége kb. 6 nk°-ig csökkent le, ami megfelel kb. az egyensúlyi helyzetnek. A 8 nk°-nál kisebb keménységű vizeknél kiválást nem tapasztaltam, valószínűleg a kis túltelítettség miatt.

Irodalom

1. CZÁJLIK I. – FEJÉRDY I.: Cseppkövekről csepegő vizek vizsgálata a Vass Imre barlangban. – Karszt- és Barlangkutatás 1959. évi I. évf. Budapest, 1960. pp. 97–102.
2. DUDICH E.: Az aggteleki barlang vizeiről. – Hidrológiai Közlöny, X. köt. Budapest, 1930. pp. 171–200.
3. DUDICH E.: A barlangbiológia és problémái. – Magy. Tud. Akad. Biol. csoportjának közleményei. III. köt. 3–4 f. Budapest, 1959. p. 328.
4. ERDEY-GRUZ T. – SCHAY G.: Elméleti fizikai kémia. – Budapest, 1954.
5. ERDEY L.: Bevezetés a kémiai analízisbe. – Budapest, 1954.
6. FUX V.: Közöttani vizsgálatok Jósvalő környékén. – 1941.
7. GÁNTI T.: A barlangok keletkezésének kémiai vonatkozásai. – Hidrológiai Közlöny, 37. évf. Budapest, 1957. pp. 285–288.
8. HOLLY F.: – MAUCHA L.: Jelentés az aggteleki karszton végzett kutatásról. – Kézirat, 1954.
9. KESSLER H.: Az országos forrásnyilvántartás. – VITUKI Tanulmányok és Kutatási Eredmények, 7. Budapest, 1959.
10. KITO, W.H.: A contribution to water analysis. – Analyst 63. 1938. p. 162.
11. MÁNDY T.: Mészkövek és dolomitok oldási vizsgálata. – Hidrológiai Közlöny, 34. Budapest, 1954. pp. 11–12 és 508–510.
12. NORDELL, E.: Water treatment for industrial and other uses. – New York, 1951.
13. MAUCHA R.: Az aggteleki cseppkőbarlang vizeinek kémiai vizsgálata. – Hidrológiai Közlöny, IX. Budapest, 1930. pp. 201–207.
14. PAPP SZ.: A víz kémiája. – Budapest, 1956.
15. SIGMOND E.: Általános talajtan. – Budapest, 1934.
16. STEFANOVICS P.: Magyarország taljai. Budapest, 1956.
17. THRESK – BEALE – SUCKLING: The examination of waters and water supplies. – London, 1949.
18. VENKOVITS I.: Újabb megfigyelések a karsztvízkérdéssel kapcsolatban. – Magy. Tud. Akad. Műszaki Oszt. Közleményei. VIII. k. 1. sz. Budapest, 1953. pp. 25–28.

NEW RESULTS OF THE DETAILED HYDROLOGICAL STUDY OF THE VASS IMRE CAVE

By
I. CZÁJLIK

This paper includes a part of a larger scale programme, namely, of a chemical and physical examination of various karstic waters. In the prefatory part the author outlines the significance of these studies and describes, in a general way, the paths of water throughout the karstic rock mass, from the fallen precipitate up to the tubular spring, calling attention to the soil having an essential part in the karst formation.

In the second part of the paper the author renders account of the work which was carried out in studying the dripping and standing waters of the Vass Imre cave in Jósvalő. The studies comprised the measurement of the rate of flow of waters, the measuring of their specific conductivity and hardness. The measurements took place on five occasions during the period of August 1959–April 1960.

The third part of the paper deals with conclusions that may be drawn from the studies.

1. Relationship between total hardness and specific conductivity

Between the total hardness and the specific conductivity of karstic waters there exists a direct proportionality which may be figured as follows:

$$Y = 41700 x - 1,0$$

where Y = hardness in German degrees of hardness
 x = specific conductivity $\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

2. Cavern waters of various types

On the basis of the examinations the dripping waters may be classed in two large groups: (1) waters flowing from the interior of a stalactite, and (2) waters draining on the surface of the stalactites. There is a substantial difference (about 10 German degrees of hardness) between both types. It appears to be due to the segregation of CaCO_3 . In this connection laboratory measurements have also been carried out.

As a result of measuring the dropstone growth by means of a so called „robot stalactite“, it was found that under given circumstances the yearly growth of a thread stalactite is about 6 mm, and the difference between the hardness of water inside of the stalactite and, of water dropping from its surface is 0,1–0,3 German degrees of hardness.

3. Changes in the hardness of dripping waters as a function of the time

Within a year's period the hardness of water dripping from the same stalactite may change even 8–10 German degrees of hardness. It is due to the fact that the soil grows cooler in winter, the life functions become restricted in it and smaller amounts of CO_2 are introduced into the water, and, for this reason, the hardness of the water decreases.

4. Relationship between the rate of flow and the hardness of water

The relationship is unambiguous only at laboratory experiments.

5. Changes in the hardness of dripping waters as a function of the length of the cave

The changes may be related to the variation taking place in the soil overlying the cave.

6. Changes in the hardness of karstic waters during standstill:

a) Within an airtight glass the karstic water can be stored during several days without any change in its hardness.

b) Owing to the precipitation of CaCO_3 , the hardness of waters standing in a cave decreases, sooner or later, to 5 German degrees of hardness which correspond to the state of equilibrium. This is proved also by experiments carried out in the cave.

НОВЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДРОБНОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЩЕРЫ ИМ. «ИМРЕ ВАШШ»

И. ЦАЙЛИК

Исследования распространились на измерение жесткости, удельной проводимости стоячих и капающих вод пещеры им. «Имре Вашш» в районе Йошвафё, а также на измерение дебита капающих вод.

Из проведенных измерений автор выводит заключения по следующим вопросам:

1. Соотношение общей жесткости и удельной проводимости карстовых вод.
2. Различные типы пещерных вод. Измерение прироста сталактитов.
3. Изменение жесткости капающих вод в зависимости от времени.
4. Соотношение дебита и жесткости.
5. Изменение жесткости капающих вод в зависимости от длины пещеры.
6. Изменение жесткости карстовых вод при стоянии.

THE JOURNAL OF THE ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE OF GREAT BRITAIN AND IRELAND

Vol. 100, Part 1, 1970

The following is a list of the contents of the journal, arranged in alphabetical order of the authors' names. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given.

The following is a list of the contents of the journal, arranged in alphabetical order of the authors' names. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given.

The following is a list of the contents of the journal, arranged in alphabetical order of the authors' names. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given.

The following is a list of the contents of the journal, arranged in alphabetical order of the authors' names. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given.

The following is a list of the contents of the journal, arranged in alphabetical order of the authors' names. The names of the authors are given in full, and the titles of the papers are given in full. The pages on which the papers begin are also given.

ÜBER DIE FÄRBUNG DER TROPFSTEINE IN DEN HÖHLEN

Von

DR. L. JAKUCS

Geologe, Kandidat der geographischen Wissenschaften

Vorliegender Aufsatz gibt eine zusammenfassende Darstellung derjenigen Untersuchungsergebnisse, welche in vieljähriger, die Genetik der Tropfsteinfärbung betreffender Arbeit des Verfassers in den zwei grössten Tropfsteinhöhlen Ungarns, der Aggteleker *Baradla*- und *Béke-Höhle* (Friedenshöhle), erhalten wurden.

I. SYNGENETISCHE URSACHEN DER FÄRBUNG DER TROPFSTEINBILDUNG

Bei der Untersuchung der Färbungen der in der Baradla- und Béke-Höhle vorhandenen sekundären kalkigen Mineralausscheidungen, Stalaktiten, Stalagmiten und Kalktuffanhäufungen, müssten wir jene, offensichtlich chemischen bzw. mineralogischen Eigenschaften erforschen, welche mit den verschiedenen Farben im Kausalzusammenhang stehen.

In der internationalen Fachliteratur werden die Farben der Tropfsteine – das Rot, das Gelb, das Braun – durch den Eisengehalt der betreffenden Bildung derart gedeutet, dass je höher der Eisengehalt eines Sinters ist, umso dunkelbrauner bzw. dunkelroter auch seine Farbe sein soll. Genaue zahlenmässige Angaben, aus denen die für die Entstehung irgendeiner Farbe erforderliche minimale Menge des Eisenoxys hervorginge, sind in der Literatur aber leider nicht bekannt. Es gibt auch sehr wenig Literaturangaben die auf die farbenerzeugende Rolle des Manganoxys hinweisen; die dennoch vorhandenen wenigen Angaben beziehen sich in erster Linie auf die in vielen Höhlen an der Oberfläche der Bildungen beobachtbare bläulich, schwärzlich oder lilabräunlich getönte *Kruste*. Diese krustenartigen, dunkelfarbenen Überzüge stellen aber in allen Fällen sekundäre, postgenetische, oberflächliche Bildungen dar, einerlei ob sie organischen oder anorganischen Ursprungs sind. Sie sind sogar vor allem nicht auf den Tropfsteinen, sondern viel öfters auf der Oberfläche des Höhlenbodens, auf den Schotterablagerungen der Höhlenbäche und auf allen Wänden zu beobachten. Mit letzterem Phänomen werden wir uns später noch eingehender befassen.

Unter *syngenetischer Färbung* der Tropfsteine verstehen wir nicht die Farbe der oberflächlichen Kruste oder der dünnen oberflächlichen Schicht, sondern die innere Farbe der Tropfsteinmasse, welche in allen Fällen für die ganze Periode des Wachstums für die chemisch gelösten oder die physikalisch beigemengten Verunreinigungen des

den Tropfstein absetzenden Wassers charakteristisch ist. Diese innere, „strukturelle“ Farbe des Tropfsteines stimmt mit der Farbe der gegenwärtigen Oberfläche nur zufällig überein (z.B. in allgemeinem in der Béke-Höhle), jedoch weicht sie davon in anderen Höhlen, so z.B. in der Baradla-Höhle, in den meisten Fällen ab.

In den Aggteleker Höhlen kommen, hinsichtlich ihrer Färbung, praktisch folgende Tropfsteinarten vor:

| <i>No des Typs</i> | <i>Typusbenennung</i> |
|--------------------|---|
| 1..... | farblos, durchsichtig, glasartig |
| 2..... | milchweiss |
| 3..... | crémegelb |
| 4..... | orangengelb |
| 5..... | rosarot |
| 6..... | hellbraun |
| 7..... | rötlichbraun |
| 8..... | karminrot |
| 9..... | inhomogen (abwechselnd verschiedenfarbige Ringe) |

Naturgemäss bezeichnen obige Benennungen nur die Grundtypen. Innerhalb dieser Gruppen können zur gleichen Zeit, mit reicher Mannigfaltigkeit, alle Skalen der Übergänge aus einem Typ in den anderen vertreten sein. Zwecks Erleichterung unserer Untersuchungen hat sich aber diese ziemlich subjektive Gruppierung als notwendig erwiesen und sie hat sich, wie das die gewonnenen Ergebnisse beweisen, als sehr nützlich erwiesen, denn sie ermöglichte, trotz ihrer Subjektivität, die Erkennung von mehreren objektiven Gesetzmässigkeiten.

An den Tropfsteinen der Baradla- und Béke-Höhle wurden, diesen Farbengruppen gemäss, folgende Untersuchungen durchgeführt:

- a) Chemische Untersuchung nach Farbengruppen.
- b) Untersuchungen des spezifischen Gewichtes nach Farbengruppen.
- c) Bestimmung der Häufigkeitsverteilung nach Farbengruppen.
- d) Untersuchung der Ursachen der augenfälligen Abweichungen von dem durchschnittlichen Verhältnis der Häufigkeitsverteilung in einigen Höhlenabschnitten.
- e) Untersuchung des Zusammenhanges der Grösse der Tropfsteinbildungen und der Häufigkeitsprozent der einzelnen Farbengruppen.

Im nachstehenden wollen wir nun die Ergebnisse der nach obigen Gesichtspunkten durchgeführten Untersuchungen der Reihe nach besprechen.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der vollkommenen chemischen Analyse von je drei typischen Proben jeder der 9 Farbengruppen, mit Anführung der Angaben des spezifischen Gewichtes zusammengestellt (Siehe Tabelle I.).

Übersetzung der in Tabelle I. vorkommenden ungarischen Ortsbenennungen :

Retekág = Retrichast. Csodák-terme = Saal der Wunder. Meseország = Märchenland. Cseppköövodá = Tropfsteinkindergarten. Kúszóg közelében = in der Nähe des Klettererastes. Cseppakapúlna = Tropfstein-kapelle. Felfedezőág torkolata = Mündung des Entdeckungssastes. Színpadterem = Bühnensaal. Felfedezőág közepe = Mitte des Entdeckungssastes. Kötélhágcsós szifon = Strickleitersyphon. Oriások terme = Saal der Riesen. 32-es omlás = Einsturz von 1932. Retekág közepe = Mitte des Retrichastes. Vaskapu = Eisernes Tor. Jósavfői középtúra = Jösvaförer mittlere Tour. Vörösterem I. = Roter Saal I. Vörösterem II. = Roter Saal II. Honvédterem = Honvédsaal. Bejárat = Eingang.

Tabelle I.

| Farbengruppe | Ort der Probe | Ca CO ₃ | Mg CO ₃ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Mn O | SiO ₂ % | Ges. % | Spez.-Gew. |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|--------------------|--------|------------|
| 1 Farblos, durchsichtig, glasartig | Retekág, Csodák-terme | 98,4 | 1,5 | — | — | — | Sp. | 99,9 | 2,76 |
| | Meseország | 97,3 | 2,5 | — | — | — | 0,1 | 99,9 | 2,75 |
| | Békebarlang, | | | | | | | | |
| | Cseppkőóvoda | 99,6 | 0,2 | — | — | — | — | 99,8 | 2,73 |
| 2 Milchweiss, undurchsichtig | Retekág: Kúszóág közelében | 99,2 | 0,8 | — | — | — | 0,1 | 100,1 | 2,68 |
| | Meseország | 97,0 | 2,9 | — | — | — | Sp. | 99,9 | 2,65 |
| | Békebarlang, | | | | | | | | |
| | Cseppkőkápolna | 99,7 | 0,2 | — | — | — | 0,1 | 100,0 | 2,69 |
| 3 Crémegelb | Baradla: Magyarok bejövetele | 98,0 | 1,5 | — | 0,3 | — | 0,1 | 99,9 | 2,70 |
| | Meseország | 97,7 | 2,0 | — | 0,1 | — | 0,2 | 100,0 | 2,69 |
| | Békebarlang: | | | | | | | | |
| | Felfedezőág torkolata | 98,7 | 0,8 | — | 0,4 | — | 0,2 | 100,1 | 2,71 |
| 4 Orangengelb | Baradla, | | | | | | | | |
| | Szinpadterem | 89,3 | 10,1 | Sp. | 0,4 | — | 0,3 | 100,1 | 2,68 |
| | Meseország | 97,5 | 2,0 | — | 0,2 | — | Sp. | 99,7 | 2,66 |
| | Békebarlang, Felfedezőág közepe | 98,0 | 0,7 | — | 0,8 | Sp. | 0,4 | 99,9 | 2,70 |
| 5 Rosarot, durchsichtig | Meseország | 98,6 | 1,2 | — | Sp. | Sp. | Sp. | 99,8 | 2,75 |
| | Meseország | 98,1 | 1,8 | — | Sp. | — | — | 99,9 | 2,74 |
| | Békebarlang, | | | | | | | | |
| | Kötélhágcsós szifon | 97,4 | 2,3 | — | 0,1 | Sp. | 0,1 | 99,9 | 2,74 |
| 6 Hellbraun | Óriások-terme | 86,2 | 7,4 | 2,1 | 2,2 | Sp. | 2,2 | 100,1 | 2,58 |
| | Óriások-terme | 89,8 | 3,8 | 1,3 | 3,0 | 0,2 | 1,7 | 99,8 | 2,51 |
| | Retekág, | | | | | | | | |
| | 32-es omlás | 96,0 | 0,2 | 0,4 | 2,3 | 0,1 | 0,8 | 99,8 | 2,63 |
| 7 Rötlichbraun | Retekág közepe | 76,9 | 0,3 | 7,8 | 3,4 | 0,3 | 11,0 | 99,7 | 2,55 |
| | Óriások-terme | 77,0 | 7,7 | 5,1 | 2,3 | Sp. | 7,6 | 99,7 | 2,60 |
| | Békebarlang, | | | | | | | | |
| | Vaskapu | 81,0 | 2,4 | 3,4 | 5,1 | 0,1 | 7,7 | 99,7 | 2,51 |
| 8 Karmínrot | Baradla, Jós-vafői középtúra | 98,2 | Sp. | — | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 99,6 | 2,71 |
| | Békebarlang | | | | | | | | |
| | Vörösterem I | 88,0 | 0,2 | 0,1 | 7,3 | 1,1 | 3,0 | 99,7 | 2,70 |
| | Békebarlang Vörösterem II | 98,9 | Sp. | Sp. | 0,7 | 0,3 | Sp. | 99,9 | 2,75 |
| 9 Inhomogen | Baradla, | | | | | | | | |
| | Honvédterem | 92,3 | 1,1 | 2,2 | 1,4 | Sp. | 2,8 | 99,8 | 2,58 |
| | Óriások-terme | 77,4 | 10,5 | 4,0 | 2,2 | Sp. | 3,9 | 100,0 | 2,66 |
| | Békebarlang, Bejárat | 88,1 | 1,1 | 3,6 | 4,7 | 0,1 | 2,3 | 99,9 | 2,53 |

Aus den in der Tabelle angeführten Analysen können folgende allgemeine Schlüsse gezogen werden:

A) Zwischen der chemischen Zusammensetzung des glasartig reinen, durchsichtigen Tropfsteins (Gruppe 1) und des milchweissen, kompakten Tropfsteines der Gruppe 2 ist kein Unterschied vorhanden. Auf Grund des im spezifischen Gewicht zu verzeichnenden, etwa 0,1 betragenden Unterschiedes müssen wir die Ursache des Farbenunterschiedes auf Unterschiede der kristallinen Struktur, bzw. auf die in der Textur des weissen Tropfsteines eingeschlossenen, fein verteilten Gaseinschlüsse zurückzuführen. Die farblosen und weissen Tropfsteine der Aggteleker Höhlen, welche fast ausnahmslos eine stark kristalline Struktur besitzen, können vom mineralogischen Gesichtspunkt aus als ideal reiner Kalzit betrachtet werden. Ihr eventueller MgCO_3 -Gehalt ist gering und isomorph beigemischt, so dass er hinsichtlich der Durchsichtigkeit keine Rolle spielt.

B) Die verschiedenen gelben und orangengelben Tropfsteine erhalten ihre Farbe, vollkommen unabhängig vom MgCO_3 -Gehalt, von dem in einigen Zehntelprozenten anwesenden, in der Textur äusserts fein, fast kolloidal verteilten Eisenoxydgehalt.

C) Den Ursprung der Rosafarbe der durchsichtigen Tropfsteine konnten wir auf chemischen Wege nicht erfassen. Die untersuchten Exemplare dieser Tropfsteine erweisen sich als ideal reiner Kalzit, mit kaum merkbaren zufälligen Spuren an Eisen und Mangan. Auf Grund ihres hohen spezifischen Gewichtes kann die Gruppe mit den Tropfsteinen der ersten Gruppe in engere Verwandtschaft gestellt werden.

D) Die braune Farbe der Tropfsteine ist eine Folge des ein paar Prozente betragenden Eisenoxydgehaltes. In den braunen Sinterbildungen ist aber die Anwesenheit des die Farbentönung bewirkenden Eisenoxyds gesetzmässig an andere, hauptsächlich Al-führende und silikatische Tonmineralien gebunden. Der Al- und SiO_2 -Gehalt kann sich bei den dunkleren Farbentönen (siehe die Probe der Gruppe 7 aus dem Rettichast) als Folge erhöhter toniger Verunreinigung besonders anreichern. Das verhältnismässig sehr geringe spezifische Gewicht weist auf einen weniger dichten, lockereren strukturellen Aufbau hin, denn auf Grund der chemischen Zusammensetzung hätte man eigentlich auf ein höheres spezifisches Gewicht rechnen können. Der in Summe einige Zehntelprozente betragende Verlust ist aller Wahrscheinlichkeit nach durch erhöhte akzessorische Beimengungen des nicht bestimmtem Kaliums und anderer Leichtmetalle zu erklären.

E) Die blutrote oder karminrote Farbe müssen wir durch die in der Menge von 0,3–1,1% nachgewiesene Anwesenheit des Mangans erklären. Der Eisengehalt kann bei diesen Farben nur eine untergeordnete Rolle spielen. Diese Tatsache wird hauptsächlich durch den Umstand deutlich, dass die aus der Béke-Höhle entnommene Probe der 4. (orangengelben) Gruppe bei 0,8% Eisengehalt und gleichzeitigem Fehlen an Mangan nur gelbfärbig ist, während die Proben 1. und 3. der Gruppe 8 mit gleichen Eisengehalt, aber bei 0,3–0,4% Anwesenheit des Mangans intensiv rotgefärbt sind.

F) Die inhomogen gefärbten Tropfsteine zeigen verschieden gefärbte konzentrische Ringe von verschiedener chemischer Zusammensetzung, welche im Querschnitt den Jahresringen des Holzes ähnlich erscheinen. Diese Erscheinung weist auf häufige Änderung der chemischen Zusammensetzung des Wassers im Laufe des Tropfsteinwachstums hin. Für die einzelnen verschieden gefärbten Schichten ist die bei den Farbengruppen angegebene chemische Zusammensetzung charakteristisch. Statistisch

genommen können sich bei der Untersuchung des ganzen Tropfsteines, naturgemäss, die mannigfaltigsten Resultate ergeben. In dieser Gruppe sind viele Sinter bekannt, in deren Inneren nicht nur Schichten verschiedener Farbe und verschiedenen spezifischen Gewichtes abwechseln, sondern auch Sinterschichten durch Tonschichten abgelöst werden. In solchen Fällen beträgt der Kalkgehalt des Tones oft kaum 1–2%. Die Tonschicht wird dann wiederum mit einer Kalzitschicht bedeckt und dieses Phänomen kann sich sogar 5–6-mal wiederholen. Es ist nicht selten derart ausgeprägt, dass der abgebrochene Stalaktit entlang der in seinem Inneren befindlichen plastischen Tonschichten kapselartig zu mehreren ineinander verschiebbaren Hülzen auseinander gezogen werden kann.

Sehr interessante Ergebnisse ergaben sich auch bei der Untersuchung der prozentuellen Häufigkeit des Auftretens der in die verschiedenen Farbengruppen gehörigen Tropfsteine.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass diese Untersuchungen ausschliesslich an hängenden Tropfsteinen, an Stalaktiten, durchgeführt wurden und die Stalagmiten überhaupt nicht in Betracht gezogen wurden. Die Bearbeitung der Stalagmiten hätte nämlich unsere Ergebnisse verfälscht, bzw. ein irreführendes Bild gegeben und Bewertungsschwierigkeiten verursacht. Von den Stalaktiten abweichend bildeten sich nämlich die Stalagmiten nicht in allen Höhlenteilen aus, wo sie sich auf Grund der chemischen Zusammensetzung des abtropfenden Wassers ausbilden hätten müssen. In den wasserführenden Höhlen (Bachhöhlen), wie z.B. in der Baradla-Höhle, fällt das abtropfende Wasser in den Bach und baut keine Stalagmiten auf. In der Baradla-Höhle treffen wir massenhafte Stalagmitenvorkommen in erster Linie an solchen Stellen (z.B. Säulenhalle, Tigersaal, Konzertsaal, Märchenland, Wundersaal, usw.) wo nicht einmal während der periodischen Überschwemmungen Wasser über dem Boden fliesst. Da die Vorkommensmöglichkeiten der Stalagmiten durch die hydrographischen Verhältnisse des Höhlenbaches ausschlaggebend bedingt sind, konnten wir diese Gruppe der Tropfsteine bei unseren Untersuchungen, die unter Ausschliessung aller störenden Umstände, die Klärung der lokalen Häufigkeitsverteilung der Tropfsteintypen zum Ziele hatten, nicht in Betracht ziehen.

Es wurden insgesamt 14 335 Stalaktiten der Baradla- und der Béke-Höhle untersucht. Die Feststellung der Häufigkeitsprozente der Farbentypen der Stalaktite ergab die in Tabelle II. zusammengefassten Resultate.

Aus dieser Tabelle geht sofort hervor, dass in den Aggteleker Höhlen die Stalaktiten des inhomogenen Farbentyps mit 43,5% am häufigsten sind. Es folgen die rötlich-braunen und hellbraunen Tropfsteine mit 11,8 bzw. 12,4%. Ebenfalls hoch ist die Häufigkeitsrate der cremegelben und homogenen orangengelben Tropfsteine (10,5 bzw. 10,9%). Farbstoff der bisher angeführten Tropfsteine ist das Eisenoxyd. Auf Grund obiger Angaben kann man die prozentuelle Verteilung der Tropfsteine der Aggteleker Höhlen, mit Bezug auf die Qualität des Farbstoffes, mit folgenden Werten angeben (Tabelle III.):

Schon aus der Tabelle der prozentuellen Häufigkeit der Farbengruppen geht deutlich hervor, dass das Verteilungsverhältnis des Vorkommens der verschieden gefärbten Tropfsteine nicht in allen Teile der Höhle gleich ist. Besonders überraschend ist der relative Mangel an „Glasstalaktiten“ im Hauptast der Baradla-Höhle. Letzteres Phänomen können wir vor allem der „Kultur“ zur Last legen, denn seitdem Menschen die Baradla-Höhle besuchen, befriedigen sie ihre Sammel- und Zerstörungsleidenschaft vorzugsweise mit diesen Stalaktiten.

Tabelle II

| Farbengruppen | Baradla Hauptast | Rettschast | Märchenland | Béke-Höhle | Allgemeiner Durchschnitts- wert |
|-----------------------|---------------------|------------|-------------|------------|---------------------------------------|
| Anzahl der Proben | 4680 | 3727 | 816 | 5112 | 14 335 |
| 1. Farblos | 0,4% | 7,6% | 10,5% | 13,0% | 7,7% |
| 2. Milchweiss | 0,5% | 0,3% | 1,0% | 1,0% | 0,8% |
| 3. Crémegelb | 7,9% | 10,2% | 12,8% | 11,3% | 10,6% |
| 4. Orangengelb | 4,3% | 9,1% | 15,3% | 14,8% | 10,9% |
| 5. Rosarot | 0,0% | 0,2% | 0,8% | 0,2% | 0,3% |
| 6. Hellbraun | 16,5% | 11,4% | 8,7% | 10,7% | 11,8% |
| 7. Rötlichbraun | 14,9% | 12,8% | 9,7% | 12,6% | 12,4% |
| 8. Karminrot | 1,1% | 1,3% | 0,1% | 4,9% | 1,9% |
| 9. Inhomogen | 54,4% | 47,1% | 41,1% | 31,5% | 43,6% |
| Insgesamt | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Tabelle III.

| Färbendes Mittel | Prozent der Häufigkeit |
|---------------------------|------------------------|
| Luft | 0,8 |
| Eisenverbindungen | 89,3 |
| Manganverbindungen | 1,9 |
| Unbekannte Substanz | 0,3 |
| Ohne Färbung | 7,7 |
| Insgesamt | 100,0 |

Von dieser „Kulturtätigkeit“ abgesehen liegen aber auch wichtige natürliche physikalische Ursachen diesen Unterschieden zugrunde. Für uns war nun eben die Erkenntnis dieser physikalischen Ursachen von entscheidender Bedeutung. Um diese Ursachen gründlich zu durchschauen, müssen wir die Ergebnisse unserer Stalaktituntersuchungen, von welchen wir bisher nur die Schlusssaufstellungen angegeben haben, bis in die Einzelheiten zitieren. Im Laufe unserer Beobachtungen und Erhebungen haben wir nämlich die Erfahrung gemacht, dass auch innerhalb ein und derselben Höhle, ja sogar eines Höhlenabschnittes grosse und kennzeichnende lokale Unterschiede in der Färbungsverteilung der Stalaktite bestehen. Zur Versinnlichung dieser Tatsache genügt ein einziges Beispiel.

In nachstehender Tabelle werden die Verhältnisziffern der verschiedenen Farbentypen der Tropfsteine des Roten Saales I. der Béke-Höhle mit dem Durchschnitt der Béke-Höhle verglichen (Tabelle IV.).

Im Vergleich der zwei Kolonnen tritt unbestreitbar am augenfälligsten der dominante Charakter der Farbengruppe 8 des Roten Saales hervor. Die in diesem Saal hängenden 68 von Mangan gefärbten karminroten Stalaktiten stellen nämlich 27,7% der insgesamt 250 karminroten Tropfsteine der Béke-Höhle dar. Tatsächlich gibt es in

Tabelle IV.

| Farbengruppe | Béke-Höhle, Roter Saal I. 286 Proben | Mittelwert der Béke-H. auf Grund 5112 Proben |
|--------------|---|---|
| 1. | 3,5% | 13,0% |
| 2. | 2,3% | 1,0% |
| 3. | 5,0% | 11,3% |
| 4. | 11,8% | 14,8% |
| 5. | 0,0% | 0,2% |
| 6. | 4,2% | 10,7% |
| 7. | 16,7% | 12,6% |
| 8. | 23,6% | 4,9% |
| 9. | 32,9% | 31,5% |

der Béke-Höhle z.B. kilometerlange Strecken in welchen keine einzige karminrote Sinterbildung bekannt ist.

Ausser den roten Tropfsteinen zeigt noch die engere territoriale Verteilung der inhomogen gefärbten Tropfsteine ähnliche auffällige Unregelmässigkeiten. In der Baradla, aber auch in der Béke-Höhle sind uns solche kürzere Abschnitte bekannt, wo 80–90% aller Stalaktiten der inhomogenen Gruppe angehören, während in anderen Strecken dieser Prozentsatz bis zu 5–10% herabsinkt.

Die Klärung dieses interessanten Phänomens suchend haben wir die Karte dieser Höhlenteile mit der zugehörigen Oberflächenkarte verglichen und festgestellt, dass *den auffälligen Farbengruppierungen gleichen Charakters an der Oberfläche stets morphologische Formenelemente gleichen Charakters entsprochen haben.* Die Tropfsteinfarbenzonen der Höhle stehen also in einem gesetzmässigen genetischen Zusammenhang mit den Landschaftszonen der Oberfläche.

Unsere weiteren Detailuntersuchungen, welche wir auf Grund dieser Erkenntnis nun in völlig bewusster systematischer Weise durchgeführt haben, ermöglichten auch die sinngemässe Deutung dieses Zusammenhanges. Im nachfolgenden folgt die Darstellung der auf diesem Gebiet gewonnenen neuen Erkenntnisse.

Nähert sich ein Höhlentunnel einer oberflächlichen Dolinenbildung (unter ihre Mitte gelangt er aber nie!), so erhöht sich, in dem Masse der Annäherung der Prozent-

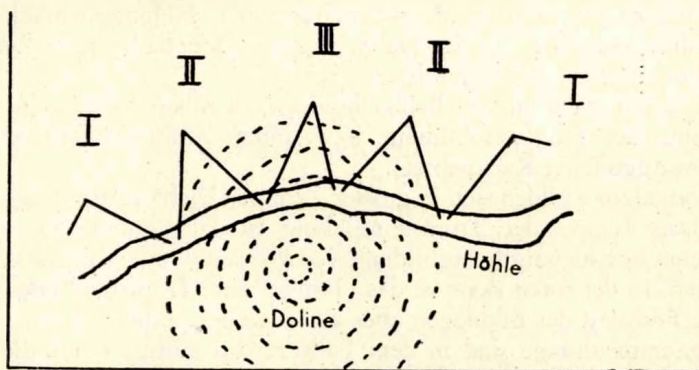


Abb. 1. Grundrisschema für den Zusammenhang zwischen den für die Tropfsteine charakteristischen Farbenzonen der Höhle und den morphologischen Formentypen der Karstoberfläche.

I. = Normalzone; II. = Inhomogene Zone; III. = Rote Zone.

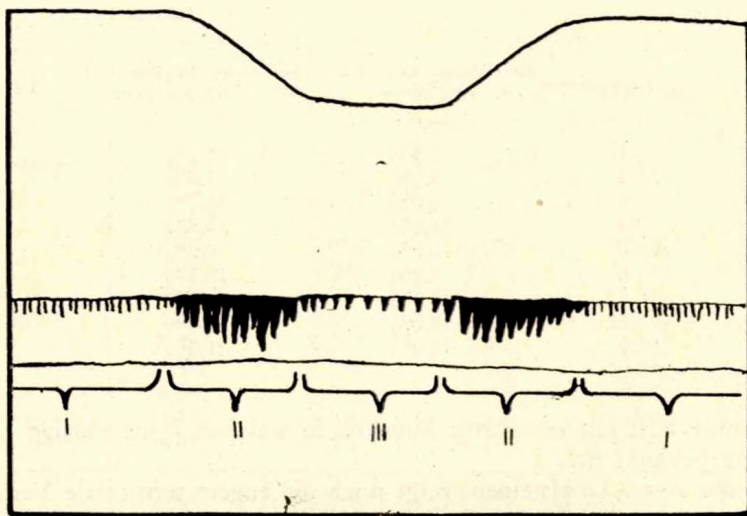


Abb. 2. Profilquerschnittschema für den Zusammenhang zwischen den für die Tropfsteine charakteristischen Farbenzonen der Höhle und den morphologischen Formtypen der Karstoberfläche.
I. = Normalzone; II. = Inhomogene Zone; III. = Rote Zone.

satz der inhomogenen Tropfsteine. Diese Steigerung hält aber nur so weit an, als der Neigungswinkel des sich über der Höhle hinziehenden Berghanges $8-10^\circ$ nicht übersteigt. In Höhlengängen, die sich unter steileren Dolinenhängen hinziehen, fällt dem Beobachter die Steigerung des Zahlenverhältnisses der braunen und roten Tropfsteine auf. Wenn man sich von der Doline entfernt, kann man die umgekehrte Aufeinanderfolge wahrnehmen. Schematisch kann diese Erscheinung folgenderweise dargestellt werden (Abb. 1. und Abb. 2.).

Auf Grund dieser Erscheinung ist eine unterschiedliche Benennung der einzelnen Zonentypen der Höhlen begründet. Wir unterscheiden nunmehr eine „Normalzone“ im Falle einer Höhlenstrecke die sich fast parallel mit der verkarsteten Oberfläche hinzieht. Die „inhomogene Zone“ erstreckt sich an den randlichen Teilen der Karstoberflächensenke bis zu einem max. $8-10^\circ$ betragenden Neigungswinkel. Schliesslich befindet sich die „rote Zone“ in der Dolinenregion. Oberhalb dieser Zone kann der Neigungsgrad des Hanges wiederum flacher sein.

Es besteht somit, nach unseren Beobachtungen, zwischen den einzelnen Zonen und dem Farbentypus der Tropfsteinbildung, bzw. ihrem Ausmasse folgende eindeutige Korrelation (im Aggteleker Karstgebiet).

In der Normalzone bilden sich in grosser Zahl nur leicht verunreinigte und kleine Tropfsteine. Das Tempo der Tropfsteinbildung ist langsam. In der inhomogenen Zone erfolgt eine beschleunigte Ausbildung von grösseren, mit Ton stark verunreinigten Tropfsteinen. In der roten Zone ist das Tempo der Tropfsteinbildung wiederum langsamer, die Färbung der Bildungen aber am ausgeprägtesten.

Obige Zusammenhänge sind in dem Falle restlos gültig, wenn die Oberfläche nicht durch Wald bedeckt ist und wo dementsprechend auch die das Karstgestein bedeckende Bodendecke fehlt oder eventuell nur dünn und lückenhaft ist. Die Anwesenheit einer mächtigeren, humosen Bodenschicht und unter Gehölz entstandenen Pflanzen-

decke ändert die geschilderten Zonenverhältnisse stark und zwar in folgender Hinsicht:

1. In der Normalzone nimmt das Tempo der Tropfsteinausbildung zu, die Zahl der farbigen Tropfsteine ist noch gering.

2. In der inhomogenen Zone nimmt das Tempo der Tropfsteinausbildung ab, tonige Verunreinigungen treten zurück.

3. In der roten Zone steigert sich das Tempo der Tropfsteinausbildung, aber auch die Färbung wird ausgeprägter.

Zur Deutung der obengeschilderten beobachteten Gesetzmässigkeiten muss man die Eigenartigkeit des Gesteinsgefüges der Karst-Dolinen eingehender betrachten. Es ist allgemein bekannt, dass die unter der Doline befindliche Gesteinsregion, vom Rande der Doline gegen das Zentrum zu betrachtet, eine zunehmende strukturelle, sekundäre Zerstörung durch Verkarstung durchgemacht hat. Die Schwächung der Standfestigkeit der Kalksteinschichten, das trichterförmige Einsinken der Oberfläche, ist eben eine Folge der Gesteinsauflösung entlang der starken Zerklüftung. Das Gestein hat an diesen Stellen ein geräumiges und zahlreiches Kluftnetz, durch welches das Niederschlagswasser unbehindert und ohne bedeutsamere Verzögerung in die Tiefe absickern kann. Wenn man das in Betracht nimmt, wird die in der inhomogenen Zone in gesteigertem Tempo erfolgende Tropfsteinbildung begreiflich, und auch verständlich, dass die hier versickernden Wässer meistens unfiltriert sind und von Fall zu Fall aus den oberflächlichen Bodenschichten Trübe (Fremdstoffe, Verunreinigungen) in verschiedener Menge und Qualität einschwemmen.

Noch viel auffallender ist aber der Umstand, dass in der roten Zone das Tempo der Tropfsteinbildung im Vergleich mit der inhomogenen Zone nur mässig ist. Aus unserer Kenntnis der Entwicklungsverhältnisse des Gesteinsgefüges der Dolinen sollte doch eigentlich folgen, dass eben hier das stärkste Wassersickern und was damit gleichbedeutend ist: die schnellste Tropfsteinbildung stattfinden müsste.

Dass dies in Wirklichkeit doch nicht der Fall ist, kann wahrscheinlich nur dadurch erklärt werden, dass die seitlich eingeschwemmten, am Dolinengrund angesammelten tonigen Sedimente das Versickern des Wassers behindern, ja sogar die Klüfte mit Ton verstopfen. Das trotzdem durchtretende Wasser befördert, eben weil es stark filtriert ist, nur wenig festen Schutt in die Höhle und führt verhältnismässig aus der Terra rossa mehr chemisch gelöste Verbindungen in die Höhle hinein. Die Geschlossenheit der Dolinengründe macht auch das Herabsickern des Wassers ausgeglichener, als es in der inhomogenen Zone der Fall ist. Sicherlich deshalb gibt es in der roten Zone viel homogenere und viel ausgeprägter gefärbte Tropfsteine und deshalb ist auch ihr Bildungstempo langsamer, als in der inhomogenen Zone.

Dieser Auffassung nach wird auch die obenerwähnte erscheinungsmodifizierende Rolle der Vegetation und der mächtigen humosen Bodendecke verständlich. Das absickernde Niederschlagswasser wird durch die Bodenschicht filtriert, wodurch zugleich auch seine kalklösende Agressivität, infolge CO_2 -Anreicherung stark gesteigert wird. In der Normalzone führt dieser Vorgang zur Steigerung des Bildungstempos der Tropfsteine und ihrer reineren Bildung (die gleiche Menge einsickernden Wassers bildet mehr Tropfsteine).

Die kalklösende Aktivität des herabsickernden Wassers steigert sich auch in der inhomogenen Zone, jedoch wird die Wasserführung dieser Zone wegen der Bedeckung der Oberfläche und der oberflächlichen Verschliessung (Verschlammung) des erweiterten wasserleitenden Kluftsystems wesentlich vermindert. Vergeblich nimmt die tropf-

steinbildende Kraft des Wassers zu, das in viel geringerer Menge einsickernde Wasser baut dennoch die Stalaktiten langsamer auf; zur selben Zeit befördert auch das verminderte, ausgeglichene und besser filtrierte Sickerwasser weniger tonige Verunreinigungen.

Die Wassermengedifferenz, welche jetzt in die inhomogene Zone nicht einsickern kann, fliesst an der Oberfläche in den Dolinengrund herab, wo sie durch den durch die Wurzeln der Pflanzen stark durchdrungenen und damit durchlässiger gewordenen Boden langsam in die rote Zone der Höhle gelangt. Deshalb verstärkt sich die Tropfsteinbildung der roten Zone in Anwesenheit eines Waldes und deshalb nimmt gleichzeitig auch die Menge der verunreinigenden Stoffe (Fremdstoffe) in dieser Zone zu.

Unsere in Zusammenhang mit den Farbenveränderungen der Tropfsteine durchgeführten Untersuchungen haben schliesslich die Erkennung eines weiteren interessanten Zusammenhanges ermöglicht. Wenn wir nämlich von den Zonen unabhängig den Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der verschiedenen grossen Stalaktiten und den verschiedenen Farbengruppen, d.h. den Zusammenhang zwischen Grösse und Farbe, untersuchen, so erkennen wir gleichfalls neue, allgemeine Beziehungen. Im folgenden Graphikon wird die Statistik der 14 335 Tropfsteine aus den Baradla- und Béke-Höhlen dargestellt, welche in dieser Hinsicht untersucht wurden. (Die Ziffern neben den einzelnen, mit verschiedenen Linien abgebildeten Kurven stellen die Indices der Farbengruppen dar.) (Abb. 3.)

Die Auswertung des Graphikons ergibt folgende Feststellungen:

A) Die farblosen, durchsichtigen Tropfsteine gehören fast ausnahmslos zur Gruppe der sogenannten „Zwirntropfsteine“ mit dem Durchmesser eines Wassertropfens. Die Ursache dieses Phänomens liegt sicherlich nicht darin, dass diese, aus reinstem Kalzit bestehende Abart der Tropfsteine einer weiteren Dickenzunahme unfähig wäre, oder dass diese Bildungen eventuell nur in den jüngsten Zeiten zustande gekommen wären. Die Ursache liegt vielmehr darin, dass im Laufe der weiteren Dickenzunahme die Durchsichtigkeit dieser Bildungen verschwindet, teils wegen der erhöhten Refraktion der wachsenden Kristallflächen, teils aber deshalb, weil während des Alterns des Tropfsteines die wasserleitende Felsenkluft immer breiter wird und damit auch die Möglichkeit der Einschwemmung von Verunreinigungen erhöht wird.

B) Die aus reinem Kalzit aufgebauten, in ihrem Jugendstadium durchsichtigen Tropfsteine gehen im Laufe ihres Anwachsens, wegen der winzigen Lufteinschlüsse in den milchweissen Typus über. In dieser Farbengruppe kommen aber nur selten Individuen mit einem Durchmesser von mehr als 20–23 mm vor. Offensichtlich liegt die Ursache dieses Phänomens auch darin, dass das wasserführende Kluftsystem sich inzwischen ausdehnte und sein Filtriervermögen verlor. Dass hier tatsächlich dieser Vorgang eine Rolle spielen dürfte, wird auch dadurch bewiesen, dass die zur gelben und orangengelben Farbengruppe gehörenden Tropfsteine überwiegend in der Zone der 20–30 mm Durchmesser auftreten.

C) Die rosafarbenen Tropfsteine gehören überwiegend der Zone der Durchmesser von 25–30 mm an. Die Ursache davon kennen wir noch nicht, es ist aber durchaus möglich, dass es hier wegen der geringen Zahl der untersuchten Proben (insgesamt nur 43) um einen Mangel an genügenden Beobachtungen handelt.

D) Die braunen, rotbraunen und inhomogenen Tropfsteine zeichnen sich durch keinen charakteristischen Durchmesser aus. Sie kommen von der Grösse von 5–10 mm angefangen bis zu den allerdicksten Stalaktiten in allen Grössen vor und man kann

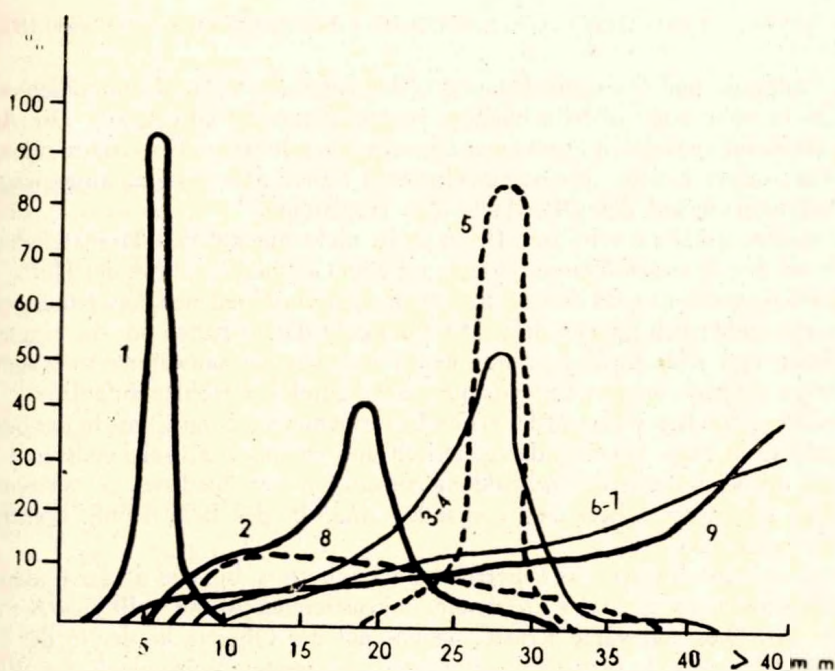


Abb. 3. Häufigkeits-Komplexdiagramm für den Zusammenhang der verschiedenen syngenetischen Farben der Stalaktite und ihres Durchmessers. 1 = farblos, durchsichtig, glasartig; 2 = milchweiss; 3 = cremegelb; 4. = orangengelb; 5 = rosafarbig; 6 = hellbraun; 7 = rötlichbraun; 8 = karminrot; 9 = inhomogene Farbe (Wechsel verschiedenfarbiger Ringe).

allgemein nur so viel feststellen, dass ihre Häufigkeit direkt proportional zu der Grösse des Durchmessers steigt.

E) Unter den Stalaktitbildungen mit einem Durchmesser von mehr als 35 mm weisen die Tropfsteine der Farbengruppen 6., 7. und 9. eine 90% übertreffende Häufigkeit auf. Diese Erscheinung hat wahrscheinlich auch schon kristallstrukturelle Ursachen. Die sekundäre Umkristallisierung der inhomogenen, wenig verunreinigten Tropfsteine kann nämlich zur Folge haben, dass die homogenen Tropfsteine von grösserem Gewicht leichter abreißen. Bei den inhomogenen und stärker verunreinigten, gefärbten Tropfsteinen dagegen ist die Ausbildung von Spaltungsrisen und von das Abreißen erleichternden Absonderungsebenen in den Kristallflächen sehr behindert, was für die längere Lebensdauer und das intensivere Anwachsen der Stalaktiten eine ausschlaggebende Rolle spielen mag. Andererseits kann man auch nachweisen, dass der Wachstumsprozess der stark verunreinigten, viel tonige Komponenten enthaltenden Stalaktiten immer wesentlich schneller vor sich geht, als jener von solchen Tropfsteinen, die der theoretischen Zusammensetzung des Kalzits näherstehen. Bei der Interpretierung des Zusammenhanges zwischen dem Durchmesser und dem Farbentypus muss man somit auch diesen Umstand in Betracht ziehen.

II. UNTERSUCHUNG DER POSTGENETISCHEN FÄRBUNG DER TROPFSTEINE

Die Stalaktit- und Stalagmit-Bildungen der Aggteleker Tropfsteinhöhlen weisen oft die Erscheinung einer oberflächlichen, postgenetischen Färbung auf. Die Art der Färbung erscheint zumeist in Form eines eigenartigen schwarzen Überzuges, manchmal auch in Form einer Kruste, in einigen selteneren Fällen aber als eine ausgeprägt rotfarbige Inkrustation auf der Oberfläche der Tropfsteine.

Der obenenerwähnte schwarze Überzug ist nicht nur auf den Tropfsteinen, sondern auch auf den Wänden, Felsen, ja sogar auf dem Geschiebeschotter der Höhle sichtbar; in der Fachliteratur wird dieses Phänomen nach verschiedenen Anschauungen und weitaus nicht einheitlich interpretiert. Mit Rücksicht darauf haben wir die eingehende Untersuchung und Klärung des genetischen Vorganges des schwarzen Überzuges als eine wichtige Aufgabe unserer Untersuchung der Aggteleker Höhlen aufgefasst.

Es stellte sich schon während der ersten Untersuchungen heraus, dass in der Baradla-Höhle mindestens zwei voneinander genetisch und chemisch abweichende und auch hinsichtlich des Charakters der Ausbildung wesentlich verschiedene, gut abtrennbare Arten dieses schwarzen Überzuges vorhanden sind. In der Béke-Höhle kommt nur einer dieser beiden vor.

Die bräunlich-schwarze, die Oberfläche des Schotters, hie und da des Bodens, der Wandflächen und sogar auch der Tropfsteine inkrustierende Masse stellt eine Art dieses Überzuges dar. Diese schwarze Kruste, welche auf der Oberfläche der in der Höhle befindlichen Gegenstände oftmals einen an den glänzenden Wüstenlack des Wüstenschotters erinnernden glänzenden, glatten Überzug, zuweilen aber eine ausgesprochen oberflächliche, harte und abtrennbare, manchmal mikrokristallinische Schicht bildet, kann in warmer Salpetersäure fast rückstandslos gelöst werden.

Demgegenüber steht die andere, in der Aggteleker Strecke der Baradla-Höhle überwiegend vorkommende Art des schwarzen Überzuges, welche in Salpetersäure praktisch unlösbar ist.

Die in Salpetersäure lösbare Art des schwarzen Überzuges kommt in der Baradla wie auch in der Béke-Höhle, ja man kann sagen in allen von uns untersuchten Höhlen des Aggteleker Karstgebietes \pm häufig vor. Das Vorkommen der unlösbaren Art ist dagegen eine ausschliessliche Eigentümlichkeit der Baradla-Höhle.

Auf Grund dieser Erkenntnisse haben wir die Untersuchung der stofflichen Unterschiede, der Verbreitungseigenart und der Häufigkeit der zwei verschiedenen schwarzen Überzüge in Angriff genommen.

Die sorgfältige chemische Analyse der in Salpetersäure lösbaren Kruste bestätigte vollkommen die früheren Feststellungen von FÖLDVÁRI und DUDICH. Diese Krusten erwiesen sich, in allen Fällen, auch in unseren Analysen als aus Eisen- und Manganoxyd bestehend. Die Ergebnisse der chemischen Analysen werden in der Tabelle V. angeführt.

Die gewonnenen Analysenwerte zeigen, dass die schwarze, eisen- und manganhaltige Kruste weder innerhalb ein und derselben Höhle, noch in ein und derselben Höhlenstrecke durch die Verschiedenheit der Mengen der chemischen Komponenten charakterisiert wird. Das stark veränderliche Verhältnis zwischen dem Eisen- und Manganoxyd zeigt keinen gesetzlichen Zusammenhang mit der Quantität des silikatischen Löserückstandes (vor allem Quarz!) der Kruste; ebenfalls ganz zufällig ist der Gehalt an Karbonatsalzen in der Kruste. Es scheint jedoch nicht ausgeschlossen, dass bei Durchführung einer wesentlich grösseren Anzahl von Untersuchungen und durch

Tabelle V.

| Fundort der Probe | Fe ₂ O ₃ % | MnO ₂ % | CaCO ₃ und MgCO ₃ | Unlöslicher Rückstand |
|---|----------------------------------|--------------------|---|--------------------------|
| 1. Baradla, Rettichast | 29,9 | 17,6 | 11,2 | 41,3 |
| 2. Baradla, Goldstrasse, Altholozäner Terrasenschotter | 16,2 | 28,3 | 21,7 | 33,8 |
| 3. Baradla, Budaer Tunnel I | 44,4 | 29,6 | — | 26,0 |
| 4. Baradla, Goldstrasse, Holozänes Bachbett | 38,2 | 7,9 | 8,5 | 45,4 |
| 5. Baradla, Budaer Tunnel II | 15,5 | 24,8 | 30,5 | 29,2 |
| 6. Baradla, Hauptast 2800 m | 21,0 | 15,3 | 2,1 | 61,6 |
| 7. Baradla, Hauptast 3400 m | 37,7 | 42,4 | 16,2 | 3,7 |
| 8. Baradla, Hauptast 4700 m | 54,7 | 36,8 | 7,1 | 2,4 |
| 9. Baradla, Saal der Riesen, Wasserschlinger unter dem Saal | 40,9 | 22,2 | 34,7 | 2,2 |
| 10. Domica, Unter d. Teich für Kahn- fahren II. No I. | 60,5 | 33,7 | 5,6 | 0,2 |
| 11. Domica, Unter d. Teich für Kahnfahren II. No II. | 24,8 | 21,3 | 36,0 | 17,9 |
| 12. Béke-Höhle, Oberes Ende des Hauptastes | 19,3 | 21,7 | 4,8 | 54,2 |
| 13. Béke-Höhle, Probe I. beim Tropfstein „Lektorok“ | 39,7 | 11,2 | 40,8 | 8,3 |
| 14. Béke-Höhle, Probe II. beim Tropfstein „Lektorok“ | 31,6 | 38,4 | 12,6 | 17,4 |

die statistische Auswertung der erhaltenen Daten auch auf diesem Gebiet sich eine Gesetzmässigkeit erkennen liesse, welche das Mischverhältnis der einzelnen Komponenten angibt. Zu solchen Schlussfolgerungen geben aber unsere bisherigen Untersuchungen noch keine Anhaltspunkte.

Bezüglich des Bildungsstandortes des aus Eisen- und Manganoxiden bestehenden schwarzen Überzuges konnten wir eindeutig lediglich soviel feststellen, dass der Vorgang, welcher diese Kruste zuwege bringt, sich jeweils auf den sich mit der Luft in freier Berührung stehenden Gesteinsflächen und während einer sehr langen Zeitspanne abspielt. Die Kruste haben wir meistens auf dem aus Schotter und Sand bestehenden Geschiebematerial bzw. auf dem zusammenzementierten Konglomerat der Terrassen, wie auch auf der Oberfläche des Tones ausgebildet getroffen und nur in seltenen Fällen kam sie auf kalkigem Untergrund vor. Wo sie aber doch auch an der Oberfläche des Kalksteines oder Tropfsteines anzutreffen war, konnte man in allen Fällen eine starke tonige Verunreinigung des Muttergesteines nachweisen. Man kann daraus jedenfalls die Schlussfolgerung ziehen, dass die Organismen, Bakterien (nach DUDICH *Leptothrix ochracea* KÜTZ. und *Leptothrix crassa* CHOL.), welche die Substanz der Kruste ausscheiden, die dazu nötigen Eisen und Manganverbindungen nicht den Höhlengewässern, sondern dem Bodensubstrat selbst entziehen und an die Oberfläche konzentrieren. Der ausgeprägteste und mächtigste Überzug ist immer dort zu finden, wo auch der unter dem Überzug befindliche Sand- oder Lehm am röttesten war, d.h. den grössten Eisengehalt aufwies.

Nach unseren Beobachtungen spielt die eventuelle eisen- oder manganoxydhaltige Verunreinigung der in die Höhle einsickernden und einflussenden Wässer vom Standpunkte der Krustenbildung aus keine Rolle. Das bestätigen auch jene

unsere Beobachtungen, wonach Wasserversickerungen mit verhältnismässig hohem Eisen- und Mangangehalt nur die syngenetische Färbung der sich zufällig bildenden Tropfsteine beeinflussen, jedoch in keiner kausal vermuteten Verbindung mit den Orten der Krustenvorkommen stehen.

Wir haben ebenfalls eindeutig feststellen können, dass unter den Wasserniveau nirgends Krustenbildung stattfindet oder stattgefunden hat. Die besprochenen Krusten kommen jeweils an den oberflächlichen Teilen von Ablagerungen mit hohem Eisen- und Mangangehalt vor. Diese Flächen stellen seit langer Zeit (vermutlich seit mehreren Jahrtausenden) eher eine *wasserverdampfende*, als eine wasseraufnehmende Fläche dar. Diese Feststellung wird übrigens auch durch unsere Beobachtung unterstützt, dass auf den sonst breit ausgedehnten, zusammenhängenden, inkrustierten Ablagerungsflächen, auf den Stellen wo vom Höhlendach von Zeit zu Zeit Wasser abtropft, der Zusammenhang (die Ununterbrochenheit) der Kruste fehlt.

Auf Grund aller dieser Beobachtungen könnte man auf den Gedanken kommen, dass die charakteristische schwarze Mangankruste der Ablagerungsflächen in den Höhlen genetisch in vielen Fällen dem Vorgang der Natronbildung oder der glänzenden Lackbildung (Wüstenlack) näher steht, als den biogenetisch gebildeten Ablagerungen. Wir können zur Zeit zu dieser Frage noch keine kategorische Stellung nehmen. Man kann aber als fast ganz bestimmt annehmen, dass auf den wasserverdampfenden Höhlenbodenflächen wegen des durch die Kapillaren emporsteigenden und dort verdampfenden Wassers, die Lösungskonzentration stark zunimmt und dass diese Konzentrationszunahme *sehr vorteilhaft* den Effekt der Sekretionstätigkeit der Eisenbakterien *beeinflusst*.

Die andere, säureunlösliche Abart des schwarzen Überzuges kommt nur in der Baradla-Höhle vor, dort aber in so grosser Menge, dass sie praktisch die dominierende und kennzeichnende Farbentönung einiger ganzer Strecken der Baradla-Höhle in entscheidender Weise bestimmt. Wir haben nachgewiesen, dass im sogenannten Schwarzen Saal der Aggteleker Höhlenstrecke, wo diese schwarze Schicht 97 % der gesamten Bodenfläche und 94 % der ganzen Tropfstein- und Felsenoberfläche bedeckt, lediglich 0,2 % des schwarzen Überzuges aus einer eisen- und manganhaltigen Kruste besteht. Die übrigen 99,8 % rühren von einem in allen Säuren unlöslichen schwarzen Farbstoff her.

Wird das Material dieser schwarzen Hülle von den Tropfsteinen oder von den Kalksteinfelsen vorsichtig abgeschabt und aus dem gewonnenen Pulver das karbonatische Material mit Hilfe verdünnter Salzsäure ausgelöst, so entsteht eine äusserst fein verteilte, fast kolloidale, schmierbare schwarze Masse bzw. ein Pulver von fettigem Griff. In Gewichtsprozenten können (in trockenem Zustand) 15 bis 99 % dieser Masse als Kohle, oder als organische Verbindung mit sehr hohem Kohleninhalt bestimmt werden. Wird nun dieses Material in einem Glasrohr, unter Durchführung eines schwachen Sauerstoffstromes, auf mehrere Hundert °C erhitzt, so verliert es seine schwarze Farbe und nimmt, unter wesentlicher Zusammenschrumpfung in der ganzen Masse, eine graue oder rote Farbe an. Das nach der vollkommenen Verbrennung des Kohlengehalt im Glasrohr zurückgebliebene geringe Material besteht überwiegend aus Quarz (manchmal in mikroskopisch gut erkennbaren feinen Kriställchen) und untergeordnet aus anderen silikatischen Stoffen. Eisenoxyd und Aluminiumoxyd.

Bezüglich der Erklärung dieses organischen Überzuges, welcher zum grössten Teile als Kohle aufgefasst werden kann, existierten am Anfange unserer Untersuchungen (Anfang 1954) zwei entgegengesetzte Auffassungen. Die früheren Erforscher der

Höhle (I. VASS, K. SIEGMETH, J. NYÁRY und andere) vertraten die Meinung, dass die schwarze Kruste einfach als Russablagerung der Feuerherde und Fackeln der einstigen Höhlenbewohner aufzufassen ist. Dieser Meinung gegenüber steht die Meinung von DANCZA, wonach gewisse, spezielle „kugelförmige Bakterien“, die sich in enormen Mengen vermehren, auf einigen Oberflächenteilen der Tropfsteine, der Felsen und des Bodens leben. Nach DANCZA's Auffassung stellt der schwarze Überzug eine Anhäufung ihrer verkohlten Körperreste dar, welcher mit der Zeit gut sichtbar wird. Nach DANCZA haben sich diese Bakterien erstmalig beim Aggteleker Eingang der Baradla-Höhle angesiedelt und von hier aus haben sie ihren Lebensraum, stufenweise immer mehr gegen die tieferen Teile der Höhle zu ausgedehnt. Je auffallender die sekundäre schwarze Färbung einer Höhlenstrecke ist, desto früher haben die Bakterien die betroffene Strecke in Besitz genommen und desto mächtiger (dicker) ist auch die schwarze Schicht, welche sich aus den Kadavern der untergegangenen Bakterien-generationen ansammelte.

Beide Theorien, die alte Russtheorie, wie auch die Kadaver-Theorie von DANCZA, hatten einige schwachen Punkte, für welche keine Erklärung zu finden war. Für die Russtheorie sprach vor allem der Umstand, dass an den meisten Stellen sich der schwarze Überzug fast nur auf die schiefen oder horizontalen, emporgerichteten Flächen der Sinter, Tropfsteine und Felsen abgesetzt hat und zugleich an den bodenwärts gerichteten, überhängend geneigten Wänden, Tropfsteinflächen oder den vom Dach herabhängenden Felsten gefehlt hat. Dieser Umstand, der das langsame, aus der Luft erfolgte *Absetzen* der feinen Körnchen des schwarzen Farbstoffes zu beweisen schien, stellte das Hauptargument der Russtheorie dar. Die Russkörnchen können sich nämlich in dieser Weise nur auf die aufragenden Seiten oder Oberflächen der Gegenstände aus der Luft absetzen, wie sich auch der Staub nur auf den oberen Flächen, bzw. den \pm aufwärts gerichteten Seitenflächen der Möbel absetzt. In der Baradla-Höhle kann man überall, wo dieser schwarze Überzug vorkommt, ausgezeichnet feststellen, dass sich die Dicke des Überzuges auch an einunddemselben Tropfstein proportional mit dem Neigungswinkel (zur Horizontale) seines Oberflächenteiles ändert. Das Prinzip dieser Erscheinung wird an Hand einer massstäblich stark übertriebenen Zeichnung, in Abbildung 4 veranschaulicht.

Übrigens tritt diese Erscheinung so auffallend und ausgeprägt zum Vorschein, dass die mehrstufig aufgebauten, horizontal gegliederten Tropfsteine infolgedessen streifig-schwarz gesprenkelt erscheinen. (Siehe die beigelegte Aufnahme aus der Aggteleker Strecke der Baradla-Höhle.) (Abb. 5.).

Das in diesem Sinne genommene lokale Auftreten des schwarzen Überzuges kann man selbstverständlich nicht, oder nur sehr gezwungen mit der Theorie der „Bakterienkadaver“ erklären. Es ist ja doch schwer begründbar weshalb die Bakterien nur auf den aufwärts gerichteten Teilen der in der Höhle befindlichen Gegenstände und Bildungen gelebt hätten und zugrunde gegangen wären und warum sie sich fast niemals und nirgends auch auf den konkaven, abwärts geneigten Teilen oder unter giebelförmigen Vorsprüngen angesiedelt haben sollten? DANCZA erklärte dieses Problem dadurch, dass das abtropfende Wasser nur auf die aufwärts gerichteten Teile der Tropfsteine auffällt und bekanntlich das Wasser das Lebenselement der Bakterien ist. Natürlich ist aber diese Deutung unzulänglich, denn das Wasser, welches auf die Oberfläche des Stalagmits fällt, fließt doch unvermeidlich auch auf den Seiten des Tropfsteines herunter und feuchtet die sich herabneigenden und die sich aufwärts richtenden Flächen in gleicher Weise an.

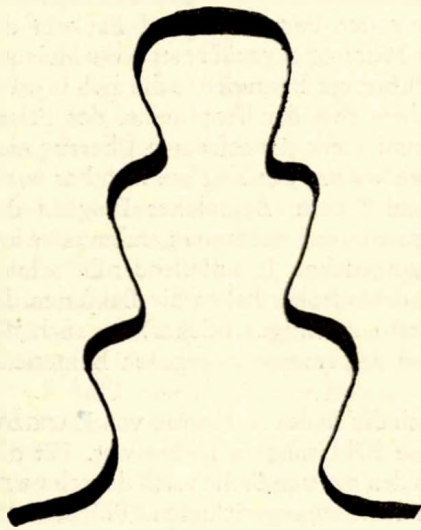


Abb. 4. Querschnitt eines Stalagmits mit Angabe der unterschiedlichen Ablagerungsdicke des postgenetischen schwarzen Überzuges. (Erklärende Skizze mit verzeirtem Massstab.)

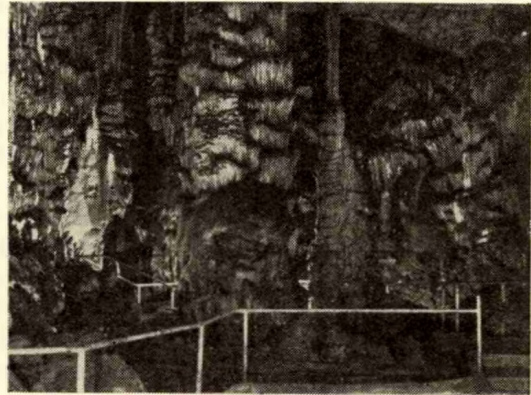


Abb. 5. Detail aus dem „Säulenhalle“ genannten Raum des Aggteleker Abschnittes der Baradla. Am Bild ist deutlich sichtbar, dass der postgenetische schwarze Oberflächenüberzug sich nur auf den nach oben gekehrten Flächen der Sinterbildungen abgelagert hat und ebendort auf den nach abwärts gekehrten Flächen fehlt.

Am schwärzesten sind die Bildungen in den, dem Aggteleker Eingang naheliegenden ersten Räumen (Infektionsherde – nach DANCZA), am wenigsten schwarz sind sie in den abgelegenen, von den Menschen erst in späteren Zeiten aufgesuchten und wenig begangenen (also kaum infizierten) Höhlenstrecken. Diese Verbreitungsart des schwarzen Überzuges kann ebenso sehr als Beweis für den Russursprung, als auch für den Kadaver-Ursprung angesehen werden. Es scheint wohl gewissermassen natürlicher, dass der die Höhlen aufsuchende Mensch mit seiner Fackel die Gegenstände mit Russ beschmutzt, als dass er kugelförmige Bakterien dorthin verschleppt, wo er hinkommt.

Dagegen ist es jedoch fraglos ein sehr zum Nachdenken bestimmender Umstand, der unbedingt für die Kadavertheorie spricht, dass in der Domica-Höhle der schwarze organische Überzug vom Aggteleker Typus auf den Tropfsteinen tatsächlich viel seltener vorkommt. Nach archäologischen Untersuchungen haben Urmenschen die Domica-Höhle zur selben Zeit wie auch die Baradla-Höhle bewohnt, demzufolge konnten sie die Domica-Höhle ebenfalls durch ihre Feuerherde und Fackel mit beschmutzt haben. Die Theorie von DANCZA hat also diesen Widerspruch zwischen den beiden Höhlen sehr geistreich erklärt, was die Russtheorie nicht konnte.

Im Laufe der Untersuchung der syngenetischen Färbung der Tropfsteine mussten wir auch in der Baradla-Höhle die frischen Bruchflächen vieler Tropfsteine genauer betrachten. So sind wir darauf gekommen, dass es in der Baradla-Höhle nicht eine, sondern drei, auch zeitlich voneinander gut zu trennende Perioden der Bildung dieses schwarzen Überzuges gab. Unter der schwarzen Schicht organischen Ursprungs, welche die Tropfsteine der Aggteleker Höhlenstrecke schleierartig bedeckt, folgen in einer Tiefe von nicht mehr als 0,5–1,0 mm vollkommen weisse, gelbe bzw. andere syngenetisch gefärbte Tropfsteinschichten. In einzelnen Tropfsteinen aber, vor allem in solchen, welche sich in den letzten Jahrtausenden ununterbrochen entwickeln konnten

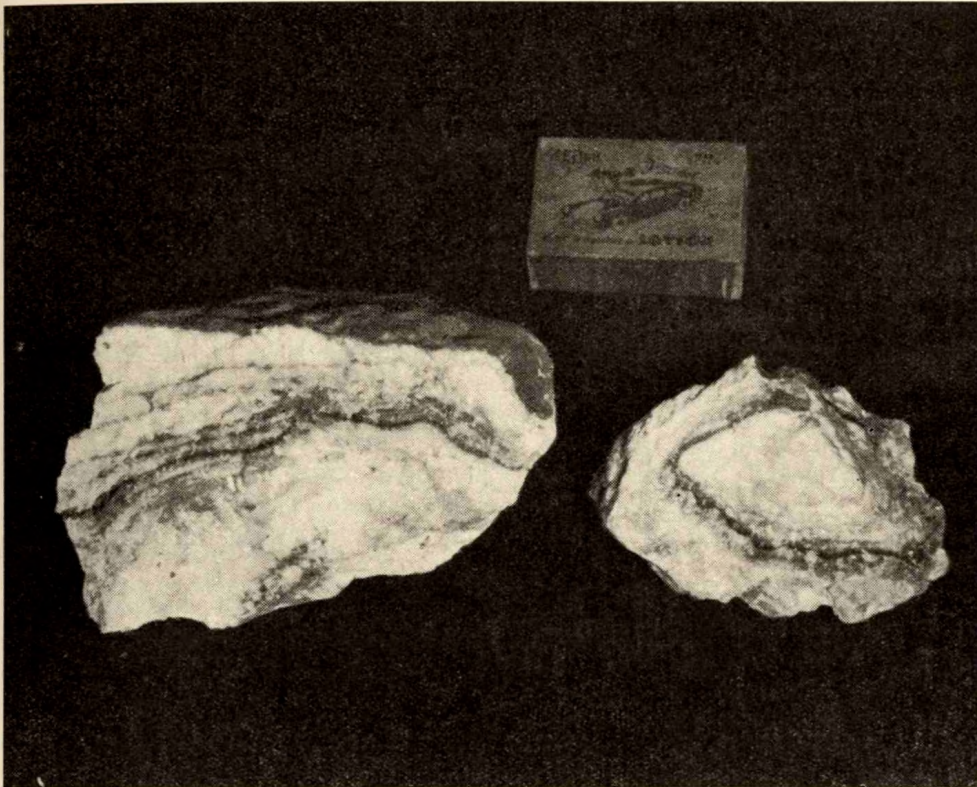


Abb. 6. An Stalagmiten der Baradla (Tigerszál, Säulenhalle, usw.) auftretende 3 charakteristische postgenetische schwarze Ringe. Die auf der Oberfläche des linken Stalagmitenstückes sichtbare äusserste Schicht entstand bereits in historischer Zeit; der am linken Bild im Inneren des Stückes sichtbare schwarze Streifen lagerte sich zur Zeit der Hallstätter Kultur auf die damals bestandene Tropfsteinoberfläche ab, während auf dem rechtseitigen Bild der innere Russtring sichtbar ist, der sich zur Zeit des Bestandes der Bükker Kultur bildete. Die im Profil zwischen den Russtringen der Hallstätter und der heutigen Zeit wahrnehmbaren unbestimmteren, dünneren schwarzen Ringe stellen Anzeichen von Kulturperioden kürzerer Zeitdauer dar, deren Altersstellung noch fraglich ist.

und an Dicke zugenommen haben, folgt unter einer 1–1,5 cm starken reinen Tropfsteinschicht wiederum ein innerer, zweiter schwarzer Überzug, welcher in Form eines schwarzen Ringes erscheint. Dieser im Querschnitt ringartig erscheinende schwarze Überzug markiert eine ältere Tropfsteinoberfläche. Wenn wir nun unsere Untersuchungen am Querschnitt gegen das Innere zu fortführen, so gelangen wir nach 2–3 cm zu dem innersten, dritten schwarzen Überzug. Gegen das Zentrum des Querschnittes zu treffen wir sodann nunmehr die reinen syngenetischen Färbungen an. (Siehe beifolgende Aufnahme – Abb. 6.).

Die drei schwarzen Ringe der Stalagmiten der Baradla-Höhle können sinngemäss nur zwei Dinge bedeuten. Entweder geben sie an, dass die kugelförmigen Bakterien die Höhle in drei verschiedenen Perioden besiedelten und bei jeder Gelegenheit nach kurzer Frist eingegangen sind, oder, dass der schwarze Überzug dennoch als Russschleier,

entstanden durch Feuer und Fackeln, zu betrachten ist, somit, dass die schwarzen Ringe 3 verschiedene Wohnperioden des Menschen in der Baradla-Höhle bedeuten.

Es ist unbestreitbar, dass die Anwesenheit der schwarzen Ringe nur in sehr gezwungener Weise nach der Kadaver-Theorie zu erklären wäre. Man kann sich nämlich kaum vorstellen, dass irgendwelche Bakterien in der Baradla-Höhle dreimal ihre Lebensbedingungen vorgefunden und sie wiederum dreimal verloren hätten. Demgegenüber stehen die drei Russringe in unbestreitbarem Einklang mit den durch die archäologischen Grabungen bestätigten Wohnzeitaltern der Höhlen. Unsere Vorgeschichtsforscher (TOMPA, KADIC, VÉRTES) haben festgestellt, dass die Baradla-Höhle (aber auch die Domica-Höhle) sicher nachweisbar erstmalig 7000 Jahre vor der Gegenwart von den Menschen der sogenannten „Bükker Kultur“ des Neolithikums einige Jahrtausende lang besiedelt worden war. Darauf folgte eine lange Periode ohne Siedler. Dann aber tritt erneut und reichlich in den vorgeschichtlichen Funden das Material der „Hallstätter“ Baradla-Kultur auf, welche ungefähr 3500 Jahre vor unseren Zeiten blühte. Die Menschen der „Hallstätter“ Kultur besiedelten aber nur für eine relativ kurze Zeit die Baradla- und die Domica-Höhle. Danach blieb das ganze Höhlensystem bis zu den historischen Zeiten unbewohnt, so dass die dritte Phase der Russbildung nur durch die Höhlenbesucher mit Pechfackeln der letzten Jahrhunderte erklärt werden kann.

Sonach wird die Herkunft der Russringe verständlich. Der erste, innerste Ring hat sich als Folge der Feuerherde des Bükker Menschen, der mittlere als Folge der Feuerherde und der Fackeln des Hallstätter Menschens ausgebildet, und schliesslich rührt der dritte, oberflächliche schwarze Schleier von den Fackeln jener Menschen her, die die Höhle schon in historischen Zeiten aufgesucht haben.

Da der Domicaer Abschnitt des Höhlensystems zur Zeit des Absetzens des dritten, äusseren Russschleiers, in der Epoche der Fackeln benützenden Touristenbesucher der letzten zwei Jahrhunderte verschlossen und unbekannt war, ist es verständlich, dass auf den allmählich und ununterbrochen anwachsenden Sinterbildungen der äusserste, schwarze Überzug, welcher auf den Oberflächen in der Baradla-Höhle so auffallend ist, fehlt. Theoretisch sollte nun daraus folgen, dass im Inneren der ununterbrochen gebildeten, also gegenwärtig an der Oberfläche eine syngenetische Farbe besitzenden Tropfsteine der Domica, nur die Russringe der Hallstätter und der Bükker Kultur aufzufinden seien.

Die theoretisch geforderten zwei inneren Russringe haben wir später, als glänzende Bestätigung der Richtigkeit unserer Schlussfolgerungen, tatsächlich in der Domica gefunden und zwar in einem oberflächlich vollkommen unbeschnitzten Stalagmit der Höhle. Damit haben wir den entscheidendsten Beweis für den Charakter des postgenetischen schwarzen Überzuges als Kulturerzeugnis erworben.

Untersuchungen die in der Domica unternommen wurden haben nachgewiesen, dass auch dort, wenn auch in geringerer Anzahl, als in der Baradla-Höhle, Tropfsteine vorkommen, welche auf ihrer heutigen Oberfläche diesen organischen schwarzen Überzug besitzen. In erstem Augenblick schien dieses Phänomen im Widerspruch zu unseren Folgerungen zu sein, später ergab sich jedoch, dass es gerade einen weiteren Beweis für die Richtigkeit der Theorie darstellt. Die Sache steht nämlich so, dass im Inneren der oberflächlich mit schwarzem Schleier überzogenen Domicaer Tropfsteine die inneren Russringe ausnahmslos fehlen. In diesen Fällen ist der Zuwachs der Tropfsteine in der seit der „Hallstätter“ und „Bükker“ Epoche verflossenen, mehrere Jahr-

tausende dauernden Periode stillgestanden und wir sehen auch heute noch die uralten Farben an der Oberfläche.

Wir haben an 7 Stalagmiten der Säulenhalle und des Tigersaales der Baradla-Höhle versucht, das Bildungsalter der in ihrem Inneren feststellbaren Russringe zu berechnen und zwar mittels Bestimmung des gegenwärtigen Wachstumstempos der betreffenden Stalagmiten.

Für diese interessanten Untersuchungen wurden solche Stalagmiten ausgewählt, welche zwischen den inneren, schwarzen Russringen verhältnismässig mächtige, syngenetisch gefärbte Tropfsteinschichten eingelagert haben. Es wurden also solche Stalagmiten ausgewählt, bei denen der Zuwachs- und Verdickungsvorgang im Laufe der letzten Jahrtausende relativ einheitlich ununterbrochen und schnell verlaufen ist. Auf den Gipfel dieser Stalagmiten wurde eine glatte Glasplatte von 4 dm² Fläche horizontal unter den Tropfenfall gestellt. Während der sechs Monate langen Messperiode bildete sich auf den Flächen der Glasplatten eine Stalagmitinkrustation mit von Fall zu Fall verschiedener Mächtigkeit und Masse. Am Ende der sechsmonatigen Experimentperiode wurde das genaue Gewicht der inkrustierten Platten im Trockenzustand bestimmt; darauf, nachdem die Sinteranlage mit Salzsäure abgelöst wurde, auch das Trockengewicht der Glasplatte. Die Differenz der zwei Gewichtsmessungen ergab also den Mass der Stalagmitbildung auf ein halbes Jahr gerechnet.

Danach wurde ein 4 dm² grosser Teil der entstandenen Stalagmite sorgfältig abgemessen und, nur für diesen Teil, die Masse bzw. das Gewicht der einzelnen zwischen den Russringen befindlichen, syngenetisch gefärbten Tropfsteinschichten genau bestimmt. Die so gewonnenen Werte wurden mit den experimentell gemessenen Zahlenwerte des halbjährigen Stalagmit-Zuwachses geteilt. Auf diesem Wege haben wir das Bildungsalter der einzelnen Russringe, in Halbjahren ausgedrückt, berechnet.

Da diese Methode zwangsmässig das Prinzip des Aktualismus in Anspruch nimmt, kann sie selbstverständlich nicht zu exakten Werten führen, obwohl sie in allen Fällen bestimmte Jahreszahlen ergibt. Die 10 bis 15% betragende Unsicherheit in der Massenbestimmung der zwischen den einzelnen schwarzen Ringen eingeschlossenen, syngenetisch gefärbten Tropfsteinschichten ist eine weitere Fehlerquelle. Trotzdem müssen wir feststellen, und zwar eben auf Grund der so gewonnenen und mit den archäologischen Altersbestimmungen vergleichbaren, d.h. kontrollierbaren Zeitwerte, dass wir so in den Besitz einer Methode gelangt sind, die genügend präzise und viel zuverlässiger, als die bisher angewendeten Methoden das Alter bzw. die Bildungszeit der Tropfsteine angibt.

Die Untersuchungsdaten und die Zahlenwerte der sieben Stalagmite aus der Säulenhalle und dem Tigersaal sind in der Tabelle VI. angegeben.

In der nachfolgenden (VII.) Tabelle werden die prozentuellen Abweichungen unserer auf experimentalem Wege gewonnenen und berechneten Bildungszeiten in Jahren den von den Vorgeschichtsforschern gegebenen Werten (Hallstätter Kultur 3500, Bücker Kultur 7000 Jahre) gegenüber gestellt.

Für Schlussfolgerungen solcher Natur sind 7 Angaben natürlich unzureichend. Es ist jedoch – wenn man die Angaben der Tabelle V näher betrachtet – auffallend, dass die bezüglich des Alters des älteren, innersten Ringes berechneten Werte sowohl einzeln genommen, als auch im Durchschnitt, den Zeitangaben der jüngeren archäologischen Perioden näher stehen als der Hallstätter Zeit. Dagegen sollte eigentlich aus der Natur der Dinge folgen, dass eine grössere Annäherung zum Alter des jüngeren, mittleren Ringes bestehen sollte. Es ist nämlich nicht wahrscheinlich, dass bei der

Tabelle VI.

| Fundort der Tropfsteine | Gewicht der Sintermasse zwischen Ring I. (äusserer) und II. auf 4 dm ² | Idem zwischen Ring II. und III. auf 4 dm ² | Gewicht des auf der Versuchsglasplatte entstandenen Sinters auf 4 dm ² | Alter des II. Ringes | Alter des III. Ringes |
|-------------------------|---|---|---|----------------------|-----------------------|
| | | | | in Jahren | |
| Säulenhalle 1. | 1493 g | 3429 g | 0.282 g | 2650 | 6080 |
| Säulenhalle 2. | 2687 g | 7287 g | 0.635 g | 2116 | 5738 |
| Säulenhalle 3. | 1400 g | 2668 g | 0.188 g | 3725 | 7097 |
| Säulenhalle 4. | 1850 g | 3321 g | 0.219 g | 4223 | 7582 |
| Säulenhalle 5. | 3979 g | 9596 g | 1.112 g | 1789 | 4315 |
| Tigersaal 1. | 3226 g | 6901 g | 0.420 g | 3840 | 8216 |
| Tigersaal 2. | 300 g | 563 g | 0.038 g | 3958 | 7411 |

Tabelle VII.

| Bildungsort der Tropfsteine | Berechnetes Alter des II. Ringes | Differenz in % | Berechnetes Alter des III. Ringes in Jahren | Differenz in % |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|---|----------------|
| Säulenhalle 1. | 2650 Jahr | -24,3 | 6080 Jahr | -13,1 |
| Säulenhalle 2. | 2116 Jahr | -39,5 | 5738 Jahre | -18,0 |
| Säulenhalle 3. | 3725 Jahr | +6,4 | 7097 Jahr | +1,4 |
| Säulenhalle 4. | 4223 Jahr | +20,7 | 7582 Jahr | +8,3 |
| Säulenhalle 5. | 1789 Jahr | -48,9 | 4315 Jahr | -38,4 |
| Tigersaal 1. | 3840 Jahr | +9,5 | 8216 Jahr | +17,4 |
| Tigersaal 2. | 3958 Jahr | +13,0 | 7411 Jahr | +5,9 |
| Mittelwert | 3186 Jahr | -8,9 | 6634 Jahr | -5,2 |

Anwendung des Prinzips des Aktualismus innerhalb einer 7000 Jahren betragenden Periode sich in den Rechnungen kleinere Fehler ergäben als innerhalb einer kürzeren Periode von 3500 Jahren. Auf Grund dieses Widerspruches scheint es so, dass der Baradlaer Zeitraum der Hallstätter Kultur nicht um 3500, sondern nur um 3000–3200 Jahre von unseren Zeiten entfernt ist. (Hier müssen wir aber wiederholt betonen, dass bloss 7 Angaben für solche Schlussfolgerungen unzulänglich sind.)

Es wurde schon im vorstehenden erwähnt, dass wenn man aus der von der Oberfläche der Tropfsteine abgeschabten Russchicht den Karbonatgehalt mit Salzsäure auslöst und den Kohlenstoffgehalt im Sauerstoffstrome verbrennt, oftmals ein unlösbarer, vorwiegend aus winzigen Quarzkörnchen bestehender Rückstand zurückbleibt, dessen Menge manchmal praktisch unbedeutend, manchmal aber auch ganz reichlich ist. Dieser Rückstand enthält des öfteren wechselnde Mengen von Eisen- und Aluminiumoxyd. Lange Zeit hindurch haben wir den grössten, ja sogar den einzigen Beweis für die Unrichtigkeit der Theorie, dass der schwarze Überzug eine Kulturschicht, d.h. eine Russablagerung sei, eben in diesem anorganischen Komponenten erblickt. Als wir aber später diesen schwarzen Überzug von immer mehr und mehr Orten untersuchten, wurde unsere Aufmerksamkeit bezüglich der prozentuellen Quantität des unlösbaren Rückstandes auf äusserst interessante Zusammenhänge gelenkt, deren weitere Prüfung die Lösung des Problems zeitigte.

An Hand von ungefähr 190 durchgeführten Untersuchungen wurde folgende Gesetzmässigkeit bezüglich des Zusammenhanges zwischen den einzelnen Fundorten und dem Prozentsatz des unlösbaren anorganischen Rückstandes entdeckt:

1. Im Fledermausast der Höhle weist die Russchicht auf der Oberfläche der Tropfsteine einen äusserst hohen (80–85%) Gehalt an unlösbarer anorganischer Verunreinigung auf. Zu gleicher Zeit fehlen im Fledermausast die inneren Russringe der Tropfsteine.

2. Im Schwarzen Saal und im Konzertsaal ist das Mass dieser Verunreinigung geringer (60–65%) und es gibt kaum Tropfsteine mit inneren Russringen.

3. In der Mündung des Fuchsastes und im Knochenhaus ist die Verunreinigung noch geringer (20- bis 40%) und man kann auch Tropfsteine mit inneren Russringen öfters finden.

4. In den inneren Abschnitten des Hauptastes (hinter dem Eisernen Tor) übertrifft die Quantität der schwarzen anorganischen Verunreinigung nur selten 10 Gewichtsprozent des schwarzen Schleiers.

5. In der Säulenhalle und im Tigersaal kann man diese anorganische Verunreinigung praktisch in keinem schwarzen Überzug von Tropfsteinoberflächen wahrnehmen. Dagegen kann man hier die schwarzen Russringe in fast allen Stalagmiten feststellen.

6. In der Domica-Höhle kann man das unlösbare Material nur in der oberflächlichen Russchicht in einer Menge von 10–40 Gewichtsprozenten nachweisen. Das Innere der Tropfsteine ist von schwarzen Ringen frei.

7. Sowohl in der Domica-, wie auch in der Baradla-Höhle fehlt die anorganische Verunreinigung vollkommen im Material der im Inneren der Tropfsteine befindlichen Ringe.

Die in obigen 7 Punkten angeführten Zusammenhänge sind dermassen eindeutig und gesetzmässig, dass wir den Wirkungsfaktor, welcher den Verlauf und die Gestaltung des Phänomens regelt, unbedingt erforschen mussten. Wir haben ihn schliesslich in den eigenartigen Luftströmungsbedingungen der Baradla-Höhle gefunden.

Für das Begreifen der Zusammenhänge und für die Aufdeckung der Ursachen des Phänomens genügt es sich mit den Luftzugsbedingungen der Aggteleker Strecke der Baradla-Höhle zu befassen.

Wir wissen, dass die Aggteleker Strecke des Höhlungsystems (den nur für kurze Zeit als offen zu betrachtenden Kleinbaradlaer Wasserschlinger nicht mitgerechnet) im wesentlichen nur über zwei natürliche Eingänge verfügt und auch im Laufe der letzten Jahrtausende verfügt hat. Es sind dies der Aggteleker Haupteingang und der Eingang des Fledermausastes, welche schon den Höhlenbewohnern der vorhistorischen Zeiten bekannt waren und von ihnen benützt wurden. Die zwei Eingänge der Höhle liegen nicht auf einem und demselben Niveau; die natürliche Öffnung des Fledermausastes liegt etwa 20 m höher als der Haupteingang. Dieser Niveau-Unterschied verursacht eine ständige und intensive Luftzirkulation zwischen den beiden Eingängen. Im Winter bewegt sich die Luft vom Haupteingang durch den Schwarzen Saal in Richtung zur Öffnung des Fledermausastes, im Sommer aber wenn die Temperatur der äusseren Luftmasse höher ist, als die 10 C° betragende Temperatur der Höhle, vollzieht sich die Luftzirkulation von dem Eingang des Fledermausastes her durch den Schwarzen Saal in Richtung zum Haupteingang. In dieser Luftzirkulation zwischen den Eingängen (der „Aggteleker kleine Kreislauf“ des Luftzuges) beteiligt sich die Strecke Säulenhalle-Tigersaal nicht.

Den sogenannten „kleinen Kreislauf“ der Luftzirkulation geben wir für Sommer und Winter auf unterstehender Kartenskizze an. (Abb. 7.)

Nehmen wir nun den Umstand in Betracht, dass bei der Sommerluftzirkulation die einströmende, wärmere Aussenluft im Fledermausast sich auf die Temperatur

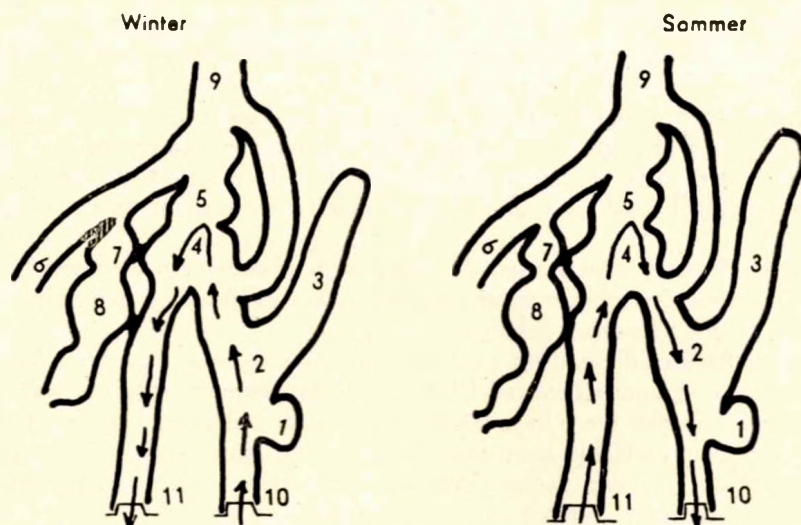


Abb. 7. Schema des sogenannten „kleinen Kreislaufes“ der Luftzirkulation in der Aggteleker Höhle Baradla im Winter und im Sommer.

- 1. = Knochenhaus
- 2. = Mündung des Fuchsastes
- 3. = Fuchsaast
- 4. = Schwarzer Saal
- 5. = Konzertsaal
- 6. = Domicast

- 7. = Tigersaal
- 8. = Säulenhalle
- 9. = Hauptast in Richtung Jósvalő
- 10. = Haupteingang
- 11. = Eingang des Fledermausastes
- Pfeil = Richtung der Luftzirkulation

des Gesteines abkühlt (cca. $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$), so wird auch die grosse Dampfkondensation, die in der Einströmungszone der Höhle in den meisten Fällen diesen Vorgang begleitet, begreiflich. In der sich abkühlenden Luft reichert sich der Feuchtigkeitsgehalt an und wenn er dann den Sättigungsgrad erreicht, tritt die Kondensation des Wassers auf den Oberflächen der Felsen und der Tropfsteine der Höhle ein. Die Quantität des in dem Fledermausast, und in geringerem Maasse in dem ganzen Aggteleker „kleinen Kreislauf“ auf diesem Wege kondensierten Wassers kann sehr wesentlich sein. Es zerstört durch sekundäre Lösungstätigkeit und Korrosion die Oberflächen der Tropfsteine.

Untenstehende Tabelle (nach TROMBE) gibt das Gewicht (in Grammen ausgedrückt) des in einem Kubikmeter anwesenden Wasserdampfes bei verschiedenen Lufttemperaturen und relativen Feuchtigkeitsgraden (in%) an (Tabelle VIII.).

Zieht man darüber hinaus noch in Betracht, dass durch den Eingang des Fledermausastes bei einer äusseren Sommertemperatur von $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ im allgemeinen, $3,5\text{ m}^3$ Luft pro Sekunde einströmt und der relative Feuchtigkeitsgrad der einströmenden Luftmasse in der Regel 55–75% beträgt, so ist es leicht auszurechnen, dass bei 55% äusserer relativen Luftfeuchtigkeit sich pro Sekunde 9,6–11,2 g Wasser mit starker kalklösender Wirkung kondensieren muss. Bei 75% Feuchtigkeit der äusseren Luft beträgt die Quantität des sich pro Sekunde präzipitierenden Kondensationswassers 23,3–27,1 g. Das ist eine sehr grosse Quantität, denn es bedeutet für einen 10-stündigen

Tabelle VIII.

| Rel. Feuchtigkeitsgrad | Lufttemperatur in C° | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | -5 | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 | +25 | +30 |
| 100 % | 3,38 | 4,83 | 6,79 | 9,36 | 12,83 | 17,15 | 22,83 | 30,08 |
| 95 % | 3,21 | 4,59 | 6,45 | 8,89 | 12,19 | 16,29 | 21,69 | 28,58 |
| 85 % | 2,87 | 4,11 | 5,77 | 7,96 | 10,91 | 14,58 | 19,41 | 25,57 |
| 75 % | 2,54 | 3,62 | 5,09 | 7,02 | 9,62 | 12,86 | 17,12 | 22,5 |
| 65 % | 2,20 | 3,14 | 4,41 | 6,08 | 8,34 | 11,15 | 14,83 | 19,55 |
| 55 % | 1,86 | 2,66 | 3,73 | 5,15 | 7,06 | 9,43 | 12,56 | 16,54 |
| 45 % | 1,52 | 2,17 | 3,06 | 4,21 | 5,77 | 7,72 | 10,27 | 13,54 |
| 35 % | 1,18 | 1,69 | 2,38 | 3,28 | 4,49 | 6,00 | 7,99 | 10,53 |
| 25 % | 0,85 | 1,21 | 1,70 | 2,34 | 3,21 | 4,29 | 5,71 | 7,52 |
| 15 % | 0,51 | 0,72 | 1,02 | 1,40 | 1,92 | 2,57 | 3,42 | 4,51 |
| 5 % | 0,17 | 0,24 | 0,34 | 0,47 | 0,64 | 0,86 | 1,14 | 1,50 |

Zeitraum im ersten Fall einen Niederschlag von 345–403 l, im zweiten Fall von 839–976 l aktionsfähigen Wassers. In einigen heißen Sommertagen also, besonders wenn der Wert der äusseren Luftfeuchtigkeit ebenfalls hoch ist, gelangen in dem Aggteleker „kleinen Kreislauf“ viele m³ Kondensationswasser. Diese Wassermenge schlägt sich auf die Oberfläche der Felsen, der Tropfsteine usw. nieder und löst ihr Kalkmaterial an den Flächen intensiv aus.

Im Winter ist die Art der Luftzirkulationsbedingungen natürlich umgekehrt. Der Feuchtigkeitsgrad der kalten, durch den Haupteingang einströmenden und sich in der Höhle erwärmenden Luft ist sehr gering, so dass sie eine wasserverdampfende Wirkung an der Flächenteilen der Höhle hervorruft. Zu solcher Zeit „trocknet“ die Höhle sozusagen aus. Die tropfsteinbauenden Tropfstellen werden seltener und besonders das Tempo der Stalagmitenbildung vermindert sich stark.

Als Folge dieser eigenartigen, für die Baradla kennzeichnenden Luftzirkulation ist in der Aggteleker Strecke des Höhlensystems der Zuwachs der Sinterbildungen an den meisten Stellen praktisch verlangsamt, oder gar zum Stillstand gekommen. Auf den Tropfsteinen, die der im Sommer einströmenden Luft in Wege stehen, vor allem im Fledermausast, aber auch im Schwarzen Saal, ja sogar in geringerem Masse auch im rückkehrenden Teil des Kreislaufes, ist eine sekundäre Auflösung, eine Korrosion der Tropfsteine eingetreten.

Am stärksten zerstört das Kondenswasser die Tropfsteine und Bildungen des Fledermausastes. Das Wasser kann aber nur den CaCO₃-Gehalt der Tropfsteinoberflächen lösen, die syngenetischen mineralischen Farbstoffe und akzessorischen Verunreinigungen aber nicht. Infolgedessen reichern sich auf den durch das Kondenswasser sekundär korrodierten Tropfsteinoberflächen in zunehmender Weise die mineralischen Fremdstoffe, die winzigen Quarzkörnchen, die Eisen- und Aluminiumoxyde usw. an, welche ursprünglich im Inneren der Tropfsteine fein verteilt vorhanden waren. Da die Dicke des Tropfsteines wegen der intensiven Lösungskorrosion durch Kondensation nicht zunimmt, sondern sich im Gegenteil immer mehr vermindert, kann das Material der verschiedenartigen Russablagerungen selbstverständlich auch keine abgesonderten, voneinander getrennten Ringe bzw. Überzüge zustande bringen. Der sich absetzende Russ vermischt sich mit dem auf den Sinter-Oberflächen angereicherten Lösungsrückstand und lässt die schon geschilderte, an unlösbaren anorganischen Rückstand reiche Varietät des schwarzen Überzuges entstehen.

Vollkommen anders gestaltet sich die Sache bei den Tropfsteinen derjenigen Höhlenräume, welche in den erwähnten kleinen Kreislauf der Luftzirkulation nicht eingeschaltet sind. Hier wird der gleichmässige Zuwachs der Bildungen durch die von der Präzipitation des sekundären Kondensationswassers verursachte Korrosion keineswegs gehindert, es reichern sich auf den Tropfsteinflächen keine karbonatfremde anorganische Fremdstoffe an und die Russringe bauen sich im Querschnitt der Tropfsteine genau an den Stellen ein, welche ihrer Entstehungsperiode entsprechen.

Deshalb findet man keine Quarzanreicherung im Material des zweiten und dritten Russringes und nicht einmal in den äussersten Ringen der Tropfsteine. Somit wird es auch verständlich, warum das Material des schwarzen Überzuges auf den Oberflächen der inneren Russringe nicht enthaltenden, d.h. der sehr alten Tropfsteine bei erster Betrachtung von so unbegreifbar scheinender gemischter Zusammensetzung ist.

Nach dieser Auslegung erhalten nun die früher widerspruchsvollen Probleme eine klare Lösung. Nunmehr können wir uns bezüglich der Genetik des schwarzen organischen Überzuges der Sinter aus der Baradla endgültig zur Theorie der Russablagerung bekennen. Der stellenweise hohe Gehalt an Quarz und anderen Mineralen der Russschicht ist also mit dem Russ keineswegs syngenetisch. Diese Minerale sind als Folge eines völlig anderen und fremden Vorganges zustande gekommen und das gleichzeitige Nebeneinander der zwei verschiedenen Stoffe stellt eine zufällige und nicht kausale Verknüpfung dar. Wie sehr diese Feststellung zutrifft, bekräftigen am besten diejenigen chemischen Untersuchungen in deren Zuge wir das von den abwärts gerichteten russigen Oberflächen des Fledermausastes abgeschabte Material analysierten. In diesem abgeschabten Material fanden wir unabhängig vom Vorhandensein des Russes auch für sich allein eine Anreicherung grossen Massstabes der erwähnten anorganischen Mineralien im Material der Muttertropfsteine.

Obwohl wir die geschilderten Ergebnisse vor vorliegendem Aufsatz noch nirgends, nicht einmal teilweise im Druck publiziert haben, gaben wir im Fachkreise oft als unserer festen Überzeugung Ausdruck, dass der schwarze Überzug nur eine Russablagerung sein kann. Im Zusammenhang damit wurde uns mehrmals die Frage gestellt: wie ist möglich, dass sich so grosse Mengen von Russ als Folge der Verbrennung einfacher Fackeln abgesetzt haben? Um alle unnötigen Diskussionen zu vermeiden, möchte ich als Antwort und zur Beruhigung der Fragesteller einige Sätze aus der Beschreibung der Beobachtungen von IMRE VASS, des hervorragenden Erforschers der Baradla-Höhle, zitieren. IMRE VASS hat nämlich den Vorgang des Absatzes selbst und auch sein Ausmass beobachtet.

Er schreibt (in möglichst getreuer Wiedergabe des ungarischen Textes): „Welchen grossen Einfluss der Rauch auf die Farben haben möge, wolle man danach beurteilen, dass ich, als ich bei meinem ersten Eintritt in die Riesen-Halle aus dem erwähnten, mit Wasser gefüllten Bassin meinen Durst befriediget hatte, ich dessen Ränder gewisslich alabasterweiss fand. Trotzdem, obwohl mein dortiges Verweilen von sehr kurzer Dauer war, fand ich, als ich drei Tage später dorthin kam und zur Löschung meines Durstes zum demselbigen Behälter niederkniete, dass gerade so, wie die Kupferstecher auf den Erd-Charten das Meer bezeichnen, ebenso bei meinem Anblasen eine Reihe schwarzer Kreise an der Wasserfläche gegen die Ränder des Beckens trieb, welche dann auf den weissen Rändern anhaftend, dieselben schwarz färbten. Was konnte es anders sein, als der Rauch, der Russ der von mir zwei Tage früher hineingetragenen Leuchten? Dieser geringe Rauch in so grosser Höhle, wenn er derart eine so grosse Veränderung der Farbe bewirkte, um wie viel mehr Verdunkelung müssen

wir für den Inhalt der alten Höhle voraussetzen, zumal wenn wir wissen, wie häufig deren Besucher darin einen bis zum Ersticken dicken Rauch verbreiten".

Bei der Besprechung der postgenetischen Farben der Tropfsteine müssen wir noch zum Abschluss zwei äusserst interessante Phänomene erwähnen. Es ist dies das Vorkommen von einem in der Baradla- und Béke-Höhle in gleicher Weise auftretenden, bestimmt postgenetischen, sich auch in der Gegenwart bildenden blutroten oberflächlichen Überzuges, ferner die Tatsache der sehr rasch erfolgenden Lehmausfüllung einiger Höhlenteile, also des Aufhörens einiger Höhlenteile.

Die chemische Untersuchung des roten oberflächlichen Überzuges hat eindeutig gezeigt, dass es sich hier in allen Fällen um eine dünne Lehminkrustation mit hohem Eisen- und untergeordnetem Manganoxidgehalt handelt, welche sich auf dem oberen Teil der meisten weissen oder hellgelben Tropfsteine ausbildet. Es stellte sich bei der Untersuchung der rotinkrustierten Tropfsteine heraus, dass während des mehrere tausend Jahre betragenden Bildungsvorganges des unter der roten Kruste befindlichen Muttertropfsteines die rote Farbe überhaupt nicht vorkommt und nur die in den letzten 50–100 Jahren gebildete äusserste und jüngste Sinterhülle einen hohen Terra-rossa-Gehalt aufweist. Wir müssen deshalb bei der Untersuchung der Ursachen dieser Erscheinung diejenigen Veränderungen betrachten, welche im Vergleich zu den mehrtausendjährigen Entwicklungsbedingungen des Karstes in dem letzten Jahrhundert eingetreten sind.

Es stellte sich beim Vergleich der Höhlenkarten und der Oberflächenkarten heraus, dass die gegenwärtige starke Verschlämmung, die intensive Akkumulation des roten Tones, welche sowohl in der Baradla- wie auch in der Béke-Höhle in solchen Höhlenteilen auftritt, über welchen die Karstflächen im letzten Jahrhundert entwaldet worden sind. Es handelt sich also einfach um eine in der Höhle in Augenschein tretende Äusserung der Abschlämmung der einstigen Bodenschicht, von den ihrer natürlichen Pflanzendecke beraubten Karstflächen. Auf diesen entwaldeten Karstflächen wurde das tausendjährige Gleichgewicht der Bodenschicht zerstört und die Wässer schwemmten früher oder später den abgetragenen Boden durch das Kluftsystem des Karstgesteines in die Höhlen ein.

Die äusserst rapide und bedeutende Verschlämmung bzw. das Aufhören der Hohlraumbildung, welche in einzelnen, in der Gegenwart keine aktive Wasserströmung mehr aufweisenden Abschnitten der Baradla- und Béke-Höhle zu beobachten sind (Märchenland, Goldstrasse, oberer Gang des Rettichastes, verstopfte siphonumgehende Äste usw.) stellen beängstigende Zeugnisse für den vor unseren Augen sich abspielenden Zerstörungsvorganges der Aggteleker Tropfsteinhöhlen dar, die letzten Endes die schädlichen, in ihren Konsequenzen vorher nicht bedachten Folgen der „Kulturtätigkeit“ des Menschen beweisen, welche sich bei der Besitzergreifung der Karstoberfläche ergab.

Literatur

- BEHREND, F.: Über die Bildung von Eisen- und Manganerzen durch deren Hydroxidsole auf Verwitterungslagerstätten. — Zeitschr. f. prakt. Geol. 32. 1924.
CHOLODNY: Die Eisenbakterien. — Pflanzenforschung. Heft 4. 1926.
CYPRIAN, V.: Novejší theorie o vzniku terra rossy. — Sborník Čs. Spol. zeměpisné. Praha, 1949.
DANCZA J.: A cseppkövek fekete színeződése. — Természet és Technika, 1952. pp. 170–174.
DONÁSZY E.: Helyszíni vizvizsgálat. — Budapest, 1955.
DUDICH E.: Az Aggteleki Cseppkőbarlang és környéke. — Budapest, 1932.

- DUDICH, E.: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle Baradla in Ungarn. — Speleologische Monographien, XIII. Wien, 1932.
- FÖLDEVÁRI, A.: Gerölle mit Eisen- und Manganoxid-Rinde. — Zentralblatt f. Mineralogie. 1934. Abt. A.
- GUÉRIN, H.P.: Spéléologie. — Paris, 1944.
- KUNSKY, J.: Zur Altersfrage der Tropfsteine. — Vestník Stát. Geol. Ustavu, Praha, 1941. pp. 268–280.
- MAUCHA, R.: Hydrochemische Halbmikro-Feldmethoden. — Archiv. f. Hydrobiologie. Stuttgart, 1947.
- NYÁRY J.: Az Aggteleki barlang mint őskori temető. — Budapest, 1881.
- PRINZ, W.: Les cristallisations des Grottes de Belgique. — Bruxelles, 1908.
- TOMPA F.: A Nemzeti Múzeum ásatásai az aggteleki Baradla-barlangban. — Magyarország, 1929. dec. 18.
- TROMBE, F.: Traité de spéléologie. — Paris, 1952.
- VASS I.: Az aggteleki barlang leírása . . . — Pest, 1831.
- VÉRTES L.: A Baradla régészeti leletei. — Budapest, 1954. (Manuscript)

К ВОПРОСУ ОКРАСКИ КАПЕЛЬНИКОВ В ПЕЩЕРАХ

Л. ЯКУЧ

канд. географических наук

Статья дает сводное изложение результатов исследований по генетике окраски сталактитов и сталагмитов, проведенных автором в течение ряда лет в двух крупнейших карстовых пещерных системах Венгрии, а именно в пещерах *Барадла* и *Беке* (пещера Мира).

Автор резко различает сингенетическую окраску капельников от постгенетической. Под сингенетической окраской он подразумевает внутреннюю окраску массы капельника, которая во всех случаях, в течение всего периода роста образования, характерна для химических или физических растворенных примесей воды, отлагающей капельник. Эта внутренняя, «структурная» окраска капельника только случайно совпадает с окраской современной поверхности его, а во многих случаях она отличается от нее. Если окраска поверхности отличается от окраски внутренней массы капельника, то это явление обуславливается отличной, и в большинстве случаев, независимой от процесса образования капельника причиной. Именно эту поверхностную окраску и называет автор постными ландшафтными зонами.

Статья подробно излагает результаты анализа 14 335 образований капельников. Анализы распространились на следующие:

- а) Анализ химического состава по группам окраски.
- б) Анализ удельного веса по группам окраски.
- в) Изучение частоты распределения по группам окраски.
- г) Причины поразительных отклонений от средней частоты распределения в отдельных участках пещер.
- д) Связь между величиной образований и процентом частоты отдельных групп окраски.

На основании множества данных анализов оказалось возможным установить некоторые, кажущиеся общедействительными закономерные корреляции. В этой связи в качестве важнейшего положения в статье указывается, что бросающимся в глаза группировкам окраски капель-

ников тождественного характера в пещерах, на поверхности всегда соответствует и форменный элемент тождественного характера. Зоны окраски капельников пещеры всегда генетически связаны с поверхностно-генетической окраской.

В пещерах окрестности села Аггтелек постгенетическую поверхностную окраску чаще всего представляет некий натек черного цвета. Путем химического анализа можно выделить два вида этого черного натёка, имеющих совершенно отличающееся происхождение. Так имеются поверхностные, черные натёки, вещество которых состоит прежде всего из окиси марганца и железа. Вместе с тем другой вид черного натёка представлен сажей, отлагавшейся из воздуха в тех частях пещеры, в которых проживали уже и люди доисторического времени и которые были, в течение последних столетий, посещены туристами с смоленными факелами. Автор выявляет два внутренних сажевых кольца и внутри капельников. При определении их возраста ему удалось отождествлять их с периодами заселенности «Бюккской» и «Галштатской» культур неолита, доказываемыми и археологическими находками.

Детально разбираются в дальнейшем результаты исследований, указывающих на то, что конденсирующаяся из воздуха пещеры вода вызывает вторичную коррозию на поверхностях капельников.

В заключение, на основании сравнения карт пещер и карт поверхности, автор устанавливает, что в тех участках пещеры, над которыми леса были истреблены в течение последнего столетия, можно наблюдать процессы прекращения пещер и заиления, достигающие крупных масштабов. Из этого следует, что с точки зрения развития глубоких карстовых явлений (образования пещер) лучшие и наиболее благоприятные условия имеются налицо не в голых карстовых областях, а в карстовых областях, покрытых вегетацией и лесной почвой.

VORLÄUFIGE ERGEBNISSE DER AUSGRABUNGER IN DER FELSNISCHE REJTEK 1. (BÜKKGEBIRGE, GEM. RÉPÁSHUTA)*

Von
D. JÁNOSSY

In den Höhlen und Karstspalten des Bükkgebirges (Nordungarn) wurde schon seit etwa 50 Jahren eine planmässige, archäologisch-paläontologische Forschungstätigkeit entfaltet, trotzdem sind von dieser Hinsicht unbekannte Höhlen und Felsnischen in diesem Gebiete noch in ziemlich grosser Zahl vorhanden. Die diesbezüglichen Untersuchungen sind also von weitem nicht abgeschlossen.

Für das oben gesagte soll die Tatsache dienen, dass meine Frau während einer unserer gemeinsamen Exkursionen im Bükkgebirge am 22. April 1957 auf eine für Grabungen geeignete Felsnische stiess, die bisher in der Literatur nicht einmal erwähnt wurde. Die mehr einem Felsdach ähnliche Höhlung liegt in der Umgebung eines Arbeiterquartiers, „Rejtek“ genannt, östlich der Gemeinde Répáshuta (Kom. Heves). Die Lokalität liegt dort, wo die Waldlichtung entlang der elektrischen Leitung den alten Hochwald anstösst (von dem genannten Quartier etwa 500 m talabwärts). (Abb. 1).

An den nordwestlichen Ausläufern des Berges Szarvaskő finden wir jenen 10–15 m hohen Kalkblock, an dessen Fusse die Erosion mehrere Felsnischen und Höhlungen austeufte. Das Muttergestein besteht nach K. BALOGH (1954) aus einem gut geschichteten Triaskalk vom „Répáshutaer Typ“ (mittlere oder obere ladinische Stufe). Die Öffnung der hier

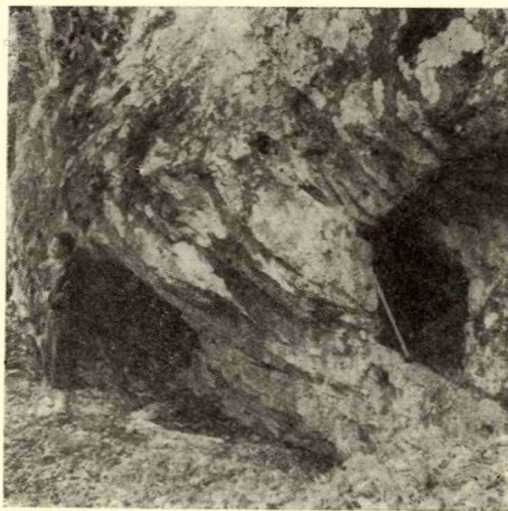


Abb. 1. Ansicht der Felsnische Rejtek 1. vor der Grabung, rechts südliche Nische des Seitenganges (S. Abb. 3, D.)

*Laut eines Vorschlages in der Zoologischen Sektion der Ung. Biol. Ges. anlässlich der Vorlegung obigen Gegenstandes wird für die „Felsnische Rejtek 1“ zu Ehren des Entdeckers dieser Lokalität, Frau E. Jánossy, die Bezeichnung *Emmy-Felsnische* eingeführt. (Red.)



Abb. 2. Die Felsnische während der Grabung. Im Hintergrund Block III., links Block II. (S. Abb. 3)

zur Besprechung kommenden Felsnische blickt nach Westen und liegt 8–10 m hoch über dem Talboden, in einer Seehöhe von etwa 500 m. Der dem Tale entlang fließende kleine Bach machte die Bedingungen des Schlämmens überaus günstig. Die Felsnische ist in NS-Richtung 9 m breit, auf diese Linie senkrecht ist der ursprünglich nicht ausgefüllte Teil 2,50 m tief, endlich war der höchste Punkt des Felsdaches vor Beginn der Grabung etwa 1,60 m hoch. Hinter der Felsnische verläuft ein niedriger, halb-kreisförmiger Seitengang, der mit zwei Öffnungen in dieselbe mündet (siehe Abb. 3–4, J.). An der südlichen Wand

des genannten Felsblockes befindet sich eine andere Felsnische (Rejtek 2.), die für eine Grabung auch geeignet zu sein scheint.

In der in dieser Arbeit zu Besprechung kommenden Höhlung – die im Folgenden Felsnische Rejtek 1 genannt wird – wurde zum ersten Mal am 27. April 1957 in der südlichen Nische des kleinen Seitenganges (Abb. 3, D) eine Probegrube angelegt (Abb. 2.). Ausser den üblichen Arten der holozänen Mikrofauna wurde im bräunlichen Höhlenlehm ein *M₁* des *Microtus oeconomus* PALL. vorgefunden, welche Art aus dem Gebiete des Bükkgebirges nach dem Postglazial laut unserer heutigen Kenntnisse völlig verschwunden ist. Die Ausfüllung zeigte das Bild einer mehrfachen Überlagerung mit einer auffallenden Mischfauna. Im nächsten Jahre (1958) wurde während unserer

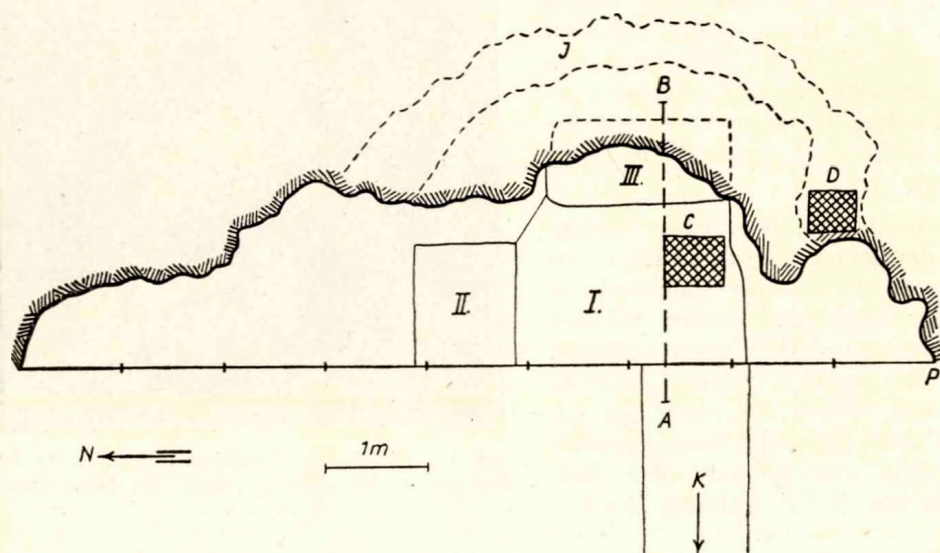


Abb. 3. Grundriss der Felsnische. I–III/ Grabungsblöcke; A–B/ Richtung des Längsschnittes der Abb. 4; C/ Probegrube 1958; D/ Probegrube 1957–1958; J/ Seitengang; K/ Forschungsgraben (nur östlicher Abschnitt eingezeichnet); P/ Ausgangspunkt der Messungen.

Grabung in der Spaltenausfüllung bei Répáshuta-Kövesvárad am 28-29. September die genannte südliche Nische bis zum Felsboden ausgebeutet und auch im Humus der eigentlichen Felsnische wurde eine kleine Probegrube abgeteufelt (Abb. 3, C). In der Seitennische fanden wir u. z. tiefschwarz gefärbte Knochenbruchstücke von Grosssäugetieren, einen Eckzahn der Höhlenhyäne und einen *Spalax*-Schneidezahn, welche Funde in diesem Gebiete für ein Alter des Würm I sprechen, weiters in der anderen Probegrube in etwa 80 cm Tiefe einen Knochen des Auerhans, in Begleitung von gewöhnlichen holozänen Vertebratenarten. Auf Grund dieser Ergebnisse hielt ich die Felsnische für ergebnisvollen Forschungen geeignet und daher durchführten wir vom 19. Juni bis zum 6. Juli 1959 eine kleinere Grabung. Während den Probegrabungen nahm meine Frau, in der Grabung selbst ausser ihr Gy. TOPÁL, Kustos der Zoologischen Abteilung des Nationalmuseums und ein Hilfsarbeiter teil. Für ihre opfervolle und keine Mühe scheuende Arbeit soll an dieser Stelle mein bester Dank ausgesprochen werden.

Die Arbeit wurde mit einem Forschungsgraben eingeleitet, der vom Ausgangspunkt (Abb. 3, P) 2 m nördlich verlief und etwa 4 m westlich von der Grundlinie begonnen wurde, damit wir das Schichtprofil der Ausfüllung klar vor die Augen bekommen (Abb. 3, K). Sobald wir unter die Decke der Felsnische geraten sind, vertieften und erweiterten wir den Graben (Abb. 3, Block I). In diesem Block I stiessen wir 1,40 m tief von der ursprünglichen Oberfläche, unterhalb einer stark schuttführenden Humusschicht auf einen Felsboden (oder auf die Oberfläche eines grossen, abgestürzten Felsblockes, Abb. 4, F), der eine weitere Grabung unmöglich machte. Auf der nach innen etwas ansteigenden Felsoberfläche nach Osten voranrückend, trafen wir aber zwischen zwei grossen Felsblöcken einen, mit postglazialen Ablagerungen ausgefüllten, 80 cm breiten, 2 m langen und 1,20 m tiefen Graben an (Block III.). Dazwischen wurde nördlich vom Block I ein anderes, etwas kleineres Grabungsfeld angelegt, um das etwaige Schichtprofil der Humusdecke prüfen zu können (Block II).

Die Grabung ergab also (entlang des Längsschnittes A-B der Abb. 3) nachstehende Schichtfolge (Abb. 4):

1. Von 0 bis 90 cm lag ein dunkler, von Wurzeln durchflächter Humus, dessen ausserhalb der Decke der Felsnische liegender Teil beinahe fossilieer war. In den inneren Teilen wurde eine spärliche Fauna und archäologische Reste verschiedenen Alters gefunden (Münze aus der Zeit der Österreich-Ungarischen Monarchie, glasierte und unglasierte Scherben, Steinwerkzeuge usw.). Da wir hier mit gestörten Lagen zu tun haben, ist eine weitere Horizontierung nicht möglich.

2. Im Block I und II, zwischen 90 bis 140 cm Tiefe – sich nach innen auskeilend – wurde eine schuttreiche Humusschicht angetroffen, im Hangenden mit einem atypischen, dickwändigen Scherbenstück (nach der liebenswürdigen mündlichen Mitteilung

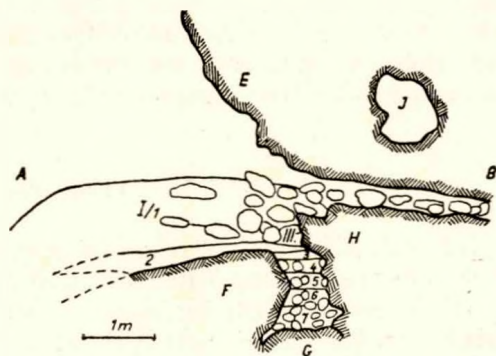


Abb. 4. Schichtprofil des Längsschnittes in der Richtung A-B; 1 und III/ Grabungsfelsteile; 1-7/ Schichtreihe (Näheres siehe Text); F/ Felsdach, F/ Felsboden oder ein grosser Steinblock; G Zwischen den Felsen festgekeilte Steine; H/ Hinterer Felsblock; I/ Seitengang.

der Archäologin A. MOZSOLICS vom Neolithikum bis zur Bronzezeit gleichwie eingliederbar), mit Chalzedon-Werkzeugen und einer beinahe unversehrten, aus der Fibula eines Schweines verfertigten Knochenpfrieme. In dieser Schicht wurde eine einige Pleistozänrelikte enthaltende Fauna von waldbewohnenden Kleinsäugetern und Holzkohlenstücke gesammelt.

3. Im Block III wurde zwischen 110 bis 140 cm ebenfalls eine Übergangsschicht zwischen dem Pleistozän und Holozän aufgeschlossen, dessen Tiergemeinschaft hauptsächlich von Waldelementen bestand – hier müssen wir allerdings mit einer Vermischung rechnen. Dieser Teil der Ausfüllung besteht nämlich ganz bis zur Oberfläche aus lockerem Kalkschutt, dazwischen nur mit einigen kleinen Humusschollen (der Rand des Schuttkegels der Ausfüllung).

4–7. Im Block III, im Graben zwischen den Felsblöcken F–G–H (Abb. 4) wurde – wie schon erwähnt – in der Tiefe von 140 bis 230 cm eine ganz unversehrte postglaziale Schichtreihe in 20 bis 30 cm mächtigen Lagen ausgehoben. Die Farbe der Schicht ändert sich von oben nach unten von braungelb bis gelb, ohne irgendwo eine scharfe Grenze zu zeigen. In diesem Komplex wurden in grösserer Zahl (manchmal nur einige Millimeter Durchmesser erreichende) Steinwerkzeuge und Splitter vorgefunden, die nach einer Mitteilung des Archäologen L. VÉRTES im folgenden erwähnt werden können:

Eine Querschneidige Pfeilspitze (Trapezmesserchen) aus Lage 2 des III. Blocks, aus 140 cm Tiefe, von einer gemischten Fauna begleitet. Obwohl das Belegstück ein typisches Werkzeug der mesolithischen Tardenoisien-Kultur darstellt, kann es ebenso gut im Neolithikum vorkommen, welcher Annahme der gemischte Charakter der Fauna auch nicht widerspricht.

Einige atypische Splitterfunde stammen aus den tieferen Schichten. Ihr Material ist Obsidian, grauer „Szeletaer“ Chalzedon und Hornstein. Die kleinen Splitter sind in diejenige mikrolithische Epipaleolithkultur einzureihen, die in ähnlicher stratigraphischen Lage in der Petényi-Höhle auftritt, weiterhin auch in der oberen Schicht der Peskőhöhle.

Da das Material aller vier Schichten in ihrer Gesamtheit durch Doppelsiebe (oben 4 mm Lochgrösse, unten 1 mm) im Talbach durchgeschlämmt wurde, bekamen wir aus jeder Lage ein statistisch auswertbares Kleinvertebratenmaterial – mit einer von oben nach unten abnehmenden Zahl an waldbewohnenden Wirbeltieren. Aus allen Schichten wurde Holzkohle gesammelt und aus den unteren Lagen auch Proben für pollenanalytische und sedimentpetrographische Untersuchungen.

Fauna und Flora

Schon die flüchtige vorläufige Untersuchung des aus mehreren Tausend Stücken bestehenden faunistischen Materiales ergab interessante Resultate.

Die Tiergemeinschaft der oberen Humusschichten ist – wie bereits erwähnt – gemischt und kann daher nicht horizontiert werden. Wir fanden die Mahlzeitabfälle des die Felsnische gelegentlich besuchenden Menschen und des Dachses neben spärlichen, aus Eulengewöllen stammenden Kleinvertebratenresten. Die im Block I, in etwa 1 m Tiefe vorgefundene kleine Mikrofauna zeigt einen ganz reinen Waldcharakter, indem je vier Reste der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* SCHREB.) und der Kleinwühlmaus (*Pitymys subterraneus* SEL.-LONGCH.) die aus zwölf Mandibeln

bestehende Kleinsäugerfauna charakterisieren. Von Steppenelementen ist keine Spur vorhanden.

Viel interessanter scheint die Kleinfaua des Blockes II zu sein (mit oben erwähntem, eventuell neolithischem Gefässrest), zwischen 100 bis 130 cm, mit etwas reichem Fundgut (Abb. 4, Schicht 2).

Die vorläufige Übersicht der Kleinfaua beweist schon, dass die Rötelmaus und die Kleinwühlmaus in grösserer Zahl vorhanden sind, daneben aber etwas spärlicher auch der Feldmaus (*Microtus arvalis*) eine Rolle angemessen werden kann. Endlich sind die Sibirische und die Nordische Wühlmaus (*Microtus gregalis* PALL. und *M. oeconomus* PALL.) mit je 1–2 Exemplaren vertreten. Besonders interessant ist es, dass laut der Funde unter den Schläfern alle vier europäischen Arten zu dieser Zeit in diesem Gebiete gleichzeitig gelebt haben. Der Siebenschläfer (*Glis glis* L.) erscheint in diesem Niveau zum ersten Mal und wir stehen dem ersten stratigraphisch genau festgelegten holozänen Fund des Gartenschläfers (*Eliomys quercinus* L.) in Ungarn gegenüber. Der Baumschläfer (*Dryomys nitedula* PALL.) und die Haselmaus (*Muscardinus avellanarius* L.) sind nicht nur hier, sondern in beinahe allen anderen Schichten sporadisch vorhanden. Endlich soll das Vorhandensein des Eichhörnchens (*Sciurus vulgaris* L.) erwähnt werden, als jenes Faunenelement, das nach den bisherigen Angaben die nach dem Würm entstandenen Bewaldungen am letzten besiedelte.

Unsere besondere Interesse erweckt jedoch die im Block III ausgebeutete postglaziale Schichtserie. Da die Auslese des Fundmaterials der Schlammproben noch nicht beendet ist, bekommen wir nur ein vorläufiges Bild über dasselbe.

Allein aus der Schicht 6 wurde die Kleinvertebratenfauna in ihrer Gesamtheit ausgelesen und auf Grund der leichter bestimmbarer Stücke ergibt sich folgende Liste (die Fledermausreste bestimmte liebenswürdigerweise Gy. TOPAL. Die Nummern beziehen sich entweder auf die Stückzahl der Knochen oder bei den Nagetieren auf die Zahl der Mandibeln bzw. der M_1):

- Gastropoda* indet.
- Ophidia* indet. – 5
- Lacerta* cf. *viridis* LAUR. – 1
- Lacerta* sp. (kleine Art) – 3
- Lyrurus tetrix* L. – 10 (etwa 4–5 Exemplare)
- Lagopus* cf. *lagopus* L. – 3
- Tetrao urogallus* L. – 1
- Aves* indet. – 13
- Sorex* cf. *araneus* L. – 2
- Sorex minutus* L. – 2
- Talpa europaea* L. – 6
- Plecotus auritus* L. – 3
- Myotis bechsteini* KUHL. – 3
- Pipistrellus pipistrellus* SCHREB. – 1
- Ochotona pusilla* PALL. – 1
- Muscardinus avellanarius* L. – 1
- Dryomys nitedula* PALL. – 1
- Sicista* cf. *betulina* PALL. – 3
- Cricetus cricetus* L. – 9
- Apodemus sylvaticus* L. – 7

Clethrionomys glareolus SCHREB. – 33
Pitymys subterraneus SEL. – LONGCH. – 7
Microtus arvalis PALL. – 73
Microtus gregalis PALL. – 10
Microtus oeconomus PALL. – 3
Microtus nivalis MONT. – 1
Arvicola terrestris L. – 10
Vulpes vulpes L. – 3
Meles meles L. – 1
Bovide (? *Bison priscus*) – 5 (1 DM₃, 4 DI)

Das Gesamtbild der Fauna spricht eindeutig für einen Übergangscharakter vom Pleistozän zum Holozän, ebenso wie die Tiergemeinschaft der betreffenden Schichten der Petényi-Höhle (JANOSSY 1956, 1960), in etwa 8 km Entfernung von dieser Felsnische, oder der Jankovich-Höhle (KRETZOI 1957; JANOSSY 1960) in Transdanubien. Ganz ähnliche Schichtkomplexe wurden schon seinerzeit ebenso aus dem südlichen Bükkgebirge von KADIĆ und MOTTL (1938) bekanntgegeben (Felsnische-Arnóckő und Berva, Vaskapu-Höhle), da aber damals die Schichten nicht fein horizontalisiert ausgebeutet wurden, sind dieselben vom Standpunkt der Feinstratigraphie als Mischfaunen zu betrachten und daher ist ein Vergleich unmittelbar nicht möglich.

Auf Grund der oben aufgezählten Listen kann diese Fauna stratigraphisch mit keiner der schon fein horizontalisiert gesammelten Schichten der Petényi-Höhle identifiziert werden, da die Feldmaus in viel grösserer Zahl vorhanden ist, als in irgendeiner Lage des genannten Fundortes. Sehr gross ist dagegen die Ähnlichkeit mit der Schicht 4 der Jankovich-Höhle in Transdanubien, hauptsächlich in den Prozentsätzen von *Microtus gregalis*, *oeconomus* und *nivalis*, sowie von *Arvicola*. Grundsätzliche Verschiedenheit kann aber in der relativen Anzahl der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) der betreffenden Schichten beobachtet werden. Diese Tatsache würde darauf hinweisen, dass in Transdanubien in derselben Zeitspanne viel weniger Rötelmäuse lebten, als im Bükkgebirge. Dass diese Verschiedenheit nicht nur mit den Eigentümlichkeiten der Ernährung verschiedener Eulen erklärt werden soll, das unterstützen die zwar sehr spärlichen, aber in dieser Hinsicht bedeutungsvollen Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen. Die Bestimmung des Pollen- bzw. Sporen-Materiales durchführte FRAU MARIA MIHÁLTZ FARAGÓ und die Untersuchungen ergaben im Liegenden der Schicht 6 folgendes Bild:

| | | | |
|--------------|---------|------------------------|-----------|
| <i>Pinus</i> | 4 Stück | <i>Caryophyllaceae</i> | 1 Stück |
| <i>Picea</i> | 1 Stück | <i>Polypodiaceae</i> | 916 Stück |
| <i>Tilia</i> | 1 Stück | <i>Selaginella</i> | 1 Stück |
| | | Pilz-Sporen | 8 Stück |

In der Schicht 4 der Jankovich-Höhle, deren Fauna – wie erwähnt – derselben der Lage 6 von Rejtek am nächsten steht, war das Ergebnis ähnlicher Untersuchungen das folgende:

| | | | |
|--------------|---------|-------------------|---------|
| <i>Pinus</i> | 3 Stück | <i>Salix</i> | 1 Stück |
| <i>Tilia</i> | 1 Stück | <i>Graminea</i> | 6 Stück |
| | | <i>Cyperaceae</i> | 1 Stück |

In der Lage 1 der Jankovich-Höhle, wo die Waldelemente schon viel bedeutender in den Vordergrund treten, als in der hier besprochenen Schicht der Felsnische Rejteĳ, fand Frau MIHÁLTZ FARAGÓ neben 31 *Pteridophyten*, 4 *Pinus* und 2 *Gramineen*-Pollen. Das völlige Fehlen von Grasarten und das massenhafte Auftreten der Farne in unserer Fundstelle kann nicht mit einem Zufall erklärt werden. Die drückende Dominanz der *Pteridophyten*-Sporen beweist also eindeutig ein mehr fortgeschrittenes Stadium der Bewaldung in diesem Gebiete, als in Transdanubien in derselben Zeitspanne (das gesagte besteht auch in jenem Falle, wenn wir annehmen, dass diese Farne unmittelbar vor der Felsnische gediehen, die ihre Sporen in die Ablagerung streuten).

In Verbindung mit den pollenanalytischen Untersuchungen soll die Bedeutung des Auftretens des Blütenstaubes der Linde (*Tilia*) in allen drei Fundstellen hervorgehoben werden (Jankovich-, Petényi-Höhle und Rejteĳ). Nach FIRBAS (1949) ist der Pollen von *Tilia* ebenso wie derselbe von *Pinus* widerstandsfähiger als derjenige anderer Baumarten. Die Linde fehlt trotzdem in Deutschland aus dem überaus gut bekannten Alleröd und erscheint nur in den spätesolithischen Fundorten. Diese Tatsachen vor Augen haltend können wir behaupten, dass das Alleröd – nach den hier besprochenen Schichtfolgen – kaum auf eine ältere Zeitspanne zu verlegen ist, als in die Lage 10 der Jankovich-Höhle (VERTES 1957) und in dieser Schicht ist schon *Tilia* vorhanden. Daraus geht hervor, dass die Linde in unserem Gebiete der südlicheren Klimazone entsprechend nach dem Pleistozän viel früher erschien, als in Deutschland. In dem statistisch allein auswertbaren Pollen-Spektrum der Schicht H₃ der Petényi-Höhle spielt die Linde bei einer Dominanz der Birke auch eine wesentliche Rolle (16%). Das Bild über die Flora und über das Klima dieser Epoche werden bezüglich der Felsnische Rejteĳ die anthrakotomischen bzw. sedimentpetrographischen Untersuchungen nützlich ergänzen.

Auf die Fauna der Lage 6 von Rejteĳ zurückkommend sollen noch folgende Tatsachen festgelegt werden: das völlige Fehlen von *Rana méhelyi* und das Auftreten der Eidechsen und Schlangen ist charakteristisch. In der genannten Schicht fehlen zwar die Frösche völlig, aber im bis jetzt eingesammelten Teil der darunter liegenden Schicht fand sich ein Ilium, das nicht die Charakterzüge des *Rana méhelyi* aufweist; das „Leitfossil“ des ungarischen Würms ist also nicht vorhanden. Diese Tatsache ist umso bemerkenswerter, als *R. méhelyi* aus der in Raum und Zeit nahestehenden Schicht der Felsnische Puskaporos als neue Art beschrieben wurde (BOIKAY in KORMOS 1911) – ebenso ist diese Art Alleinherrscher der Herpetofauna in der Schicht P₁ der Petényi-Höhle. Gleichweise geht aus der ärmlichen Tetraoniden-Fauna hervor, dass das Birkhuhn (*Lyrurus tetrix*) in grösserer Zahl vorhanden ist, welche Art ihre optimalen Bedingungen in den grösseren Birkenwäldern fand. Die Art tritt in unseren heimatländischen postglazialen Faunen überall in den Vordergrund.

Betrachten wir jetzt nicht allein die Tiergemeinschaft der Schicht 6, sondern die faunistischen Charakterzüge der ganzen Schichtserie des Blockes III. In diesem Falle können bezüglich der Mikro- und Makrofauna einige bedeutungsvolle Behauptungen festgestellt werden. Die Bedeutung dieser Feststellungen steigert noch jene Tatsache, dass die Sedimentation eine ununterbrochene war, also makroskopisch keine scharfe Schichtgrenze festgestellt werden konnte:

1. Die Umwandlung des Gesamtcharakters der Spitzmausfauna erfolgt in der Schicht 4, da in dieser Lage die erste weisszähnnige Spitzmaus (*Crocidura*) erscheint. In den oberen Lagen ist übrigens die Zwergspitzmaus (*Sorex minutus*) auffallend häufig.

2. Der Pfeifhase (*Ochotona*) kommt in allen Schichten spärlich vor, aber in den

obersten Lagen scheint er etwas häufiger zu sein, um an der Grenze des Neolithikums (?) (Schicht 2), wo die letzten Reste der Sibirischen Wühlmaus noch vorhanden sind, – völlig zu verschwinden.

3. Sehr interessant ist das Erscheinen der Schläfer in chronologischer Hinsicht. Die Haselmaus und der Baumschläfer (*Muscardinus* und *Dryomys*) erscheinen schon in den untersten Lagen (Schicht 6–7), der Gartenschläfer (*Eliomys quercinus*) tritt dagegen nur in der Schicht 4 auf und ist noch in der Schicht 2 vorzufinden. Diese Schläferart, dessen Vorkommen heutzutage im Gebiete Ungarns nicht bewiesen ist, war damals – entsprechend ihres heutigen eher westlich-atlantischen Areales – anscheinlich der Anzeiger eines milder-feuchteren Klimas und entwich später dem kontinental werdenden Klima des ungarischen Beckens.

4. Die Streifenmaus (*Sicista*) kommt in allen Lagen von 7 bis 4 mit je 1–2 Exemplaren vor und beweist gegenüber den bisherigen sporadischen Daten klar, dass dieses Tier, das wegen seiner Kleinheit der Aufmerksamkeit der Graber so oft entwich, auch relativ längere Zeit hindurch ein charakteristisches Faunenelement des Bükkgebirges war. Nach den bisherigen Daten erreichte aber dieser Nager nicht jene Häufigkeit, wie in ähnlicher Zeitspanne in Transdanubien (die Lagen 3–2 der Jankovich-Höhle).

5. Endlich soll das Vorkommen der Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*) kurz betrachtet werden. Diese im weiteren Sinne als „Waldelement“ zu betrachtende Form fehlt im typischen Würm, erscheint aber nach den bisherigen Untersuchungen in unserem Gebiete unmittelbar nach der *Dicrostonyx*-Welle (Petényi Höhle, Schicht P₁ usw.). In der hier besprochenen Faunensukzession finden wir in den Schichten 7 bis 4 die Waldmaus überall sporadisch, aber in höheren Lagen kommt sie stufenweise in grösserer Zahl vor.

Da durch das Schlämmen aus den Ablagerungen alle Zähne zum Vorschein kommen, können bei endgültiger Bearbeitung der Fauna die bisher fehlenden Daten über die Veränderungen in dem Prozentsatz der Erdmaus (*Microtus agrestis*) auf Grund der charakteristischen M² behauptet werden.

Die statistischen Mikrofauna-Untersuchungen ergänzen glücklicherweise einige Funde von grösseren Säugern, trotzdem, dass es sich nur um Einzelfunde handelt. Betrachten wir demnächst kurz die Liste der Makrofauna (ausser der Schicht 6, dessen ganze Liste weiter oben angegeben wurde):

- Schicht 4: *Vulpes vulpes* L. - 1 Stück
 Meles meles L. - 2 Stück
 Sus scrofa L. - 10 Stück
 Cervus elaphus L. („grosse Form“) - 1 Stück
Schicht 5: *Sus scrofa* L. - 2 Stück
 Cervus elaphus L. - 1 Stück
Schicht 7: *Ursus* cf. *arctos* L., P₁
 Bovide (cf. *Bison priscus* Boj.), calcaneus, centrotarsale
 Rangifer tarandus L., phalanx 1. anterior

Unter diesen Resten verdient der Fund des Rentieres unsere besondere Aufmerksamkeit. Meines Wissens ist das der erste, stratigraphisch sichergestellte Fund in Ungarn, der das Vorhandensein des Rens bis zum Mesolithikum auf unserem Gebiete beweist. Höchstwahrscheinlich lagen die *Rangifer*-Reste der schon früher erwähnten Höhlungen im südlichen Bükkgebirge in Schichten ähnlichen Alters, jedoch stratigraphisch nicht

so genau festgelegt (Vaskapu-Höhle usw.). Wie bekannt ist es mehrfach bestätigt worden, dass das Ren in den nördlichen Teilen Europas wenigstens bis zum Spätmesolithikum ausharrte, was in unseren Breiten dem früheren Mesolithikum entspricht (HERRE 1956; REQUATE 1957, usw.). Es ist eine bedauernswerte Tatsache, dass der Bärenrest der Schicht 7 eben ein P_1 ist, der höchstwahrscheinlich vom Braunbären stammt, obzwar der Zahn mit meinem rezenten Vergleichsmaterial nicht völlig gleicht. Dieser Zahn könnte jedoch keineswegs für einen Beweis des Vorhandenseins des Höhlenbären in dieser Zeit dienen, da er etwas anders gefärbt, also aus einer anderen Lage in diese Schicht geraten ist.

Endlich scheint es kein Zufall zu sein, dass neben dem mehr ausgeprägten Waldcharakter der Kleinsäugerfauna in der Schicht 4 die Schweinreste in relativ grösserer Zahl vorhanden sind. Es soll noch erwähnt werden, dass die Schweinreste von auffallend kleinwüchsigen Exemplaren stammen (ein Maxillen-Bruchstück ist vorhanden, bei dem die Länge P^1-P^4 47 mm beträgt, welches Mass nach der liebenswürdigen mündlichen Mitteilung des Zoohistorikers, S. BÖKÖNYI in die Variationsbreite des Hausschweines fällt). Ich denke jedoch diese Schweinreste als ausserordentlich kleine Minusvarianten des Wildschweines zu betrachten, da auf so spärlichen Funden basierende Folgerungen zu weit führen würden (Hausschwein vor dem Neolithikum?).

Die endgültige Bearbeitung dieser Fauna mit derselben der Petényi-Höhle ist auf eine spätere Zeit geplant, wo auch die prozentuelle Verteilung der einzelnen Kleinsäugerfunde graphisch darzustellen ist. Die eingehendere Kenntnis dieser Faunen wird unser Bild über die Übergangsphase zwischen dem Pleistozän und Holozän erreichen.

Literatur

1. BALOGH, K. 1954: Recherches géologiques dans les environs de Répáshuta. — Jahrestber. d. Ung. Geol. Anst. f. 1952. pp. 12–28.
2. FIRBAS, F. 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas. — G. Fischer, Jena.
3. HERRE, W. 1956: Rentiere. — Neue Brehmbücher. Heft 180.
4. JÁNOSSY, D. 1956: Die Fauna der Petényi-Höhle. — Folia Archaeologica. 8. pp. 11–12.
5. JÁNOSSY, D. 1960: Nacheiszeitliche Wandlungen der Kleinsäugerfauna Ungars. — Zool. Anzeiger, 164. 3/4. pp. 114–121.
6. KADIĆ, O. — MOTTI, M. 1938: Die Höhlen der Umgebung von Felsőtárkány. — Barlangkutatás 16. 1. pp. 70–89.
7. KORMOS, T. 1912: in KADIĆ usw.: Die Felsnische Puskaporos bei Hámor im Komitat Borsod und ihre Fauna. — Mitt. aus dem Jahrb. d. kgl. Ung. Geol. Reichsanst. 19. pp. 121–163.
8. KRETZOI, M. 1957: Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quartärchronologie der Jankovich-Höhle. — Folia Archaeologica 9. pp. 16–23.
9. REQUATE, H. 1957: Zur nacheiszeitlichen Geschichte der Säugetiere Schleswig-Holsteins. — Bonner Zool. Beitr. 8. 3/4. pp. 207–229.
10. VERTES, L. 1957: Ausgrabung, Zeitbestimmung und archäologische Funde in: Neue Forschungen in der Jankovich-Höhle. — Folia Archaeologica. 9. pp. 3–16.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ О РАСКОПКАХ,
ПРОВЕДЕННЫХ В РЕЙТЕКСКОЙ КАМЕННОЙ НИШЕ № 1
(ГОРЫ БЮКК, С. РЕПАШХУТА)

Д. ЯНОШШИ

В 1957 году южнее Рейтекского общежития для рабочих (горы Бюкк) была открыта небольшая каменная ниша в которой в 1959 году методами тонкого стратиграфического расчленения и отмучивания проводились раскопки. Этими раскопками, наряду с находками инструментов первобытного человека и древесного угля эпипалеолитического века, была вскрыта интересная фауна мелких позвоночных. На основании разделенного по семи двадцатисантиметровым слоям сообщества мелких позвоночных впервые становилось известным — особенно в отношении гор Бюкк — точное время появления и исчезновения после плейстоцена стдельных видов.

Заслуживает внимания факт, что в нашей стране впервые удалось зафиксировать время появления и исчезновения *Eliomys quercinus* L. в начале и конце послеледникового влажного периода. Наряду с другими фаунистическими результатами были получены также и неизвестные до сих пор данные о роли в постгласциальных изменениях фауны землероек, *Ochotona*, *Dryomys nitedula*, *Sicista* и пр. Из самого нижнего слоя была собрана последняя, стратиграфически четко зафиксированная находка в Венгрии северного оленя (*Rangifer tarandus*).

В результате сравнения с фауной слоев того же возраста пещеры им. Янковича Задунайского края, можно установить, что в послеледниковый период климат Задунайского края был более континентальным, чем климат гор Бюкк, бывших в то время более влажными и лесистыми.

ÜBER DIE LANDARTHROPODEN DER ISTVÁN-, FORRÁS- UND SZELETA-HÖHLE BEI LILLAFÜRED*

(*Biospologica Hungarica* XV)

Von

I. LOKSA

Die in der Umgebung des Kurortes Lillafüred, in verhältnismässig geringer Entfernung voneinander liegenden drei Höhlen sind seit lange her schon bekannt und dienen den verschiedensten Forschungen als Untersuchungsobjekt. Ausserdem ist die Szeleta-Höhle auch durch ihre archäologischen Funde berühmt geworden, die István- und Forrás-Höhle ziehen seit Jahren schon durch ihre Sehenswürdigkeiten einen regen Fremdenverkehr an. Die Forrás-Höhle spielt weiterhin auch eine bedeutende Rolle in der Wasserversorgung der grossen Industriestadt Miskolc. Obwohl die erwähnten Höhlen zu den bekanntesten einheimischen Grotten gehören, und vor den Forschern verschiedener Wissenschaftsgebiete besucht wurden, fehlen dennoch eingehende zoologische Aufsammlungen. Mangels einer entsprechenden Untersuchungsmethode, sind aus den erwähnten Höhlen nur die leicht aufzufindenden Tierarten erbeutet worden.

Die eigenen Untersuchungen wurden in den Jahren 1958–1959 durchgeführt. Das Einsammeln der Arthropoden erfolgte mit Äthylenglykol-Fallen nach BARBER, deren Beschreibung bereits in früheren Arbeiten des Verfassers (16, 17) bekannt gegeben wurde. Ausser der mechanischen Fangmethode wurden auch manuelle Sammlungen durchgeführt. Die ausgesetzten Fallen wurden während der Untersuchungsperiode zweimal entleert. Parallel mit den Aufsammlungen erfolgten mit Hilfe eines assmannschen Respirationshygrometer Luftfeuchtigkeitsbestimmungen und Temperaturmessungen. Die Ausgestellen der Fallen sowie die Messungsstellen sind auf der Grundskizze eingezeichnet (Abb. 1–3).

Aus der relativen Zahl der angetroffenen Arten, aus ihrer Verteilung in den einzelnen Höhlenabschnitten, sowie aus den Ergebnissen der klimatischen Faktoren wird es ermöglicht sein bezüglich ihrer ökologischen Bedürfnisse einige Folgerungen ziehen zu können.

In der vorliegenden Arbeit wird von der ausführlichen Beschreibung und Entwicklungsgeschichte der erwähnten Höhlen abgesehen, diese Verhältnisse werden nur berührt, soweit sie unbedingt nötig sind, um inwieweit die Höhlen unbekannt sind, einen physiognomischen Begriff zu liefern.

*Vorgelesen vom Verfasser an der 525. Sitzung der Zoologischen Sektion der Ungarischen Biologischen Gesellschaft, am 4. März 1960.

In den Fallen wurden aus folgenden systematischen Gruppen Arthropoden erbeutet: *Oniscoidea*, *Diplopoda*, *Paupoda*, *Chilopoda*, *Diplura*, *Collembola*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Araneae*, *Acari*, *Opiliones* und *Pseudoscorpiones*.

Die Bearbeitung der Fliegen und Milben wird von anderen Spezialisten besorgt diese werden deswegen bei den Auswertungen ausser Acht gelassen.

1) ISTVÁN-TROPFSTEINHÖHLE

Der heutige, künstlich angelegte Eingang der István-Höhle (Abb. 1.) befindet sich neben der Landstrasse Lillafüred-Eger, etwa 500 m vom Hotel Palota entfernt und liegt 318 m über dem Meeresspiegel. Die ursprüngliche, schlundförmige Öffnung der Höhle ist 15 m oberhalb des heutigen Einganges. Die erste Beschreibung über einen Teil der Höhle gab KADIC (6) 1913. Der künstliche Eingang und der 55 m lange Stollen wurden viel später errichtet, als auf Grund der Erschliessungsarbeiten ein grösserer Fremdenverkehr zu erwarten war.

Die Höhle ist im oberladinischen-karnischen weissshellgrauen Kalkstein entstanden (21), sie ist eine tektonisch präformierte Quellenhöhle. Ihre Ausbildung erfolgte im Oberpleistozän (in litt.: DR. M. KRETZOI). Der „die Höhle ausbildende unterirdische Bach führte wahrscheinlich das Regenwasser des Bükk-Plateaus und geriet durch das Einsinken der Talsohle auf ein tieferes Niveau, so dass er heute in den sogenannten »Quellen von Soltészkerter« zum Vorschein kommt.“ (KESSLER, 13) Zwischen der Soltészkerter Quellen-Höhle und István-Höhle wird seitens der Höhlenforscher eine Verbindung vermutet, welche aber noch in der Zukunft erschlossen werden soll.

Die Höhle verläuft in O-W Richtung. Durch den Eingang (I) und Stollen (II) gelangt man in den „Grossen Saal“ (III). In diesen Saal öffnet sich auch der ursprüngliche Eingang der Höhle. Von da führt ein künstlich erweiterter Gang in den Nächsten grösseren Saal, doch bevor dieser noch erreicht würde, beginnt in nördlicher Richtung ein schräg nach oben verlaufender Spaltengang (IV), in den Treppen hinaufführen. Hier sind schön ausgebildete Tropfsteine zu sehen. Auch Anhäufungen von Fledermaus-Guano konnten an einigen Stellen beobachtet werden. Im Hauptarm, ebenfalls auf Treppen weitergehend, erreicht man nach kurzer Zeit den allergrössten Saal der Höhle, den „Kuppelsaal“ (V), dessen Höhe nahezu 30 m beträgt. Die schönsten Tropfsteinbildungen sind in diesem Saal zu sehen. Aus den vereinzelt Guano-Anhäufungen, die trotz des öfteren Kehrens an einigen versteckten Stellen zu beobachten waren, kann man auf eine dichte Fledermaus-Bewohntheit schliessen. An den Wänden sickerte auch Wasser an einigen Stellen. Der Nächste grössere Saal wird „Säulensaal“ (VI) genannt und ist durch viele und schöne Stalagmiten gekennzeichnet. In einer, in südlicher Richtung sich ausbreitenden Ausbuchtung liegt ein kristallklarer kleiner Teich, dessen Boden aber leider mit rotem Schotter aufgefüllt ist und wahrscheinlich deswegen fehlt ihm jegliche Tierwelt.

Dem Säulensaal schliesst sich der Theatersaal (VII) an, aus dem ein ziemlich enggabelter Seitengang (VIII) beginnt.

Aus dem Theatersaal führt der „Grubenstollen“ (IX) in den letzten grösseren Saal, in den „Hinteren Saal“ (X). Von da geht ein enger Gang zu dem nahezu 40 m tiefen „Wasserschacht (XI) oder auch „Hölle“ genannt, wohin man nur mit Hilfe eines Seiles hinunter gelangen kann. Der Boden des Schachtes ist mit einer dicken Lehmschicht bedeckt, bei nassem Wetter steht sehr oft Wasser darin.

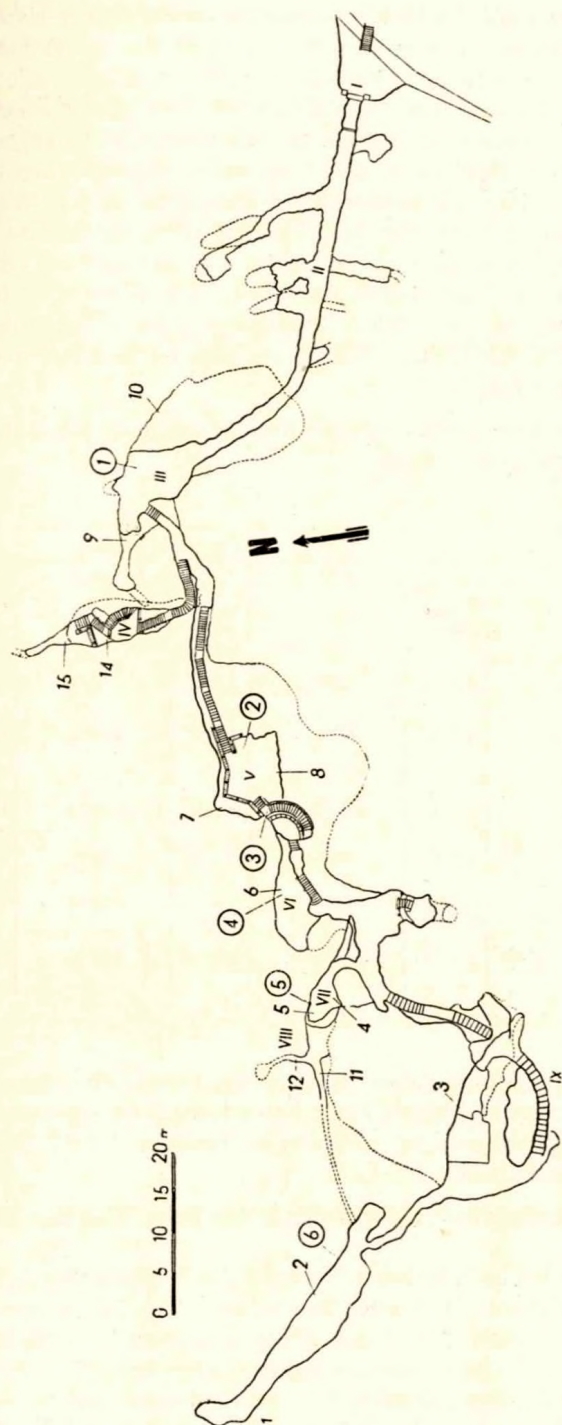


Abb. 1. Plan der István-Tropfsteinhöhle. Die römischen Ziffern dienen zur topographischen Ortbezeichnung. Die arabischen Ziffern bezeichnen die ausgestellten Fallen, die eingekreisten arabischen Ziffern bedeuten die Messungsstellen. I = Eingang; II = Stollen; III = Grösser Saal; IV = Spalten- gang; V = Kuppelsaal; VI = Säulensaal; VII = Theatersaal; VIII = Grubenstollen; IX = Hinterer Saal; X = Wasserschlacht oder Höhle.

Über die Wasserverhältnisse der Höhle konnten während meiner Untersuchungen folgende Erfahrungen gemacht werden: Am 16. X. 1958 war die Höhle verhältnismässig trocken. Im Tropfen-Auffänger, der beim Beginn des Kuppelsaales aufgestellt wurde, liess sich ein reges Tropfen hören. Im Teich des Säulensaales konnte nur eine fingerdicke Wasserschicht beobachtet werden, im Wasserschacht hingegen war überhaupt kein Wasser. Am 18. I. 1959 waren die Verhältnisse ungefähr dieselben. Einige Monate später, am 15. IV. 1959 veränderte die Schneeschmelze die Wasserverhältnisse der Höhle vollständig. Es tropfte an sehr vielen Stellen, im Säulensaal rieselten kleine Wässerchen, der Teich war ungefähr ein Meter tief, und auch im Grubenstollen reichte das Wasser bis an die Fussknöchel. Am Boden des Wasserschachtes konnte ebenfalls Wasser beobachtet werden. Nach Aussagen des Höhlenführers, wurde anderthalb Wochen hindurch ständig das Wasser aus dem Grubenstollen und aus der Umgebung des Teiches gepumpt.

Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse gestalteten sich während den 3 Untersuchungen folgendermassen (Tabelle I.):

Tabelle I

| Nummer | Messungsstelle | Zeitpunkt der Messung | | | | | |
|--------|--|-----------------------|------------------|-------------|------------------|--------------|------------------|
| | | 16. X. 1958 | | 18. I. 1959 | | 15. IV. 1959 | |
| | | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit |
| 1 | Grosser Saal | 8,8 C° | 96% | 7,2 C° | 98% | 7,8 C° | 98% |
| 2 | Kuppelsaal (Anfang) | 9,0 C° | 99% | 9,0 C° | 100% | 9,0 C° | 100% |
| 3 | Im hinteren Teil des Kuppelsaales (Bastei) | 9,2 C° | 100% | 9,2 C° | 100% | 9,2 C° | 100% |
| 4 | Säulensaal | 9,8 C° | 98% | 9,7 C° | 99% | 9,8 C° | 100% |
| 5 | Theatersaal | 10,0 C° | 96% | 9,8 C° | 98% | 9,8 C° | 98% |
| 6 | Anfang des Wasserschachtes | 9,2 C° | 98% | 9,0 C° | 100% | 9,0 C° | 100% |

Wie dies auch die eigenen Messungen erwiesen haben, lassen sich in den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen der Höhle keine besonderen Schwankungen bemerken. Die relative Luftfeuchtigkeit erreicht stellenweise beinahe 100% Sättigung, die Temperatur beträgt durchschnittlich 10° C.

Die Höhle ist vollständig dunkel, Licht dringt nur beim Eingang in die Höhle ein.

Am 16. X. 1958 wurden an folgenden Stellen Fallen eingegraben: (Auf Abb. 1. bedeuten die arabischen Ziffern die Stellen der Fallen.) 1 = Im unteren Drittel des Wasserschachtes; 2 = Im oberen Drittel des Wasserschachtes; 3 = Im hinteren Saal oben, auf der linken Seite; 4 = Im Theatersaal auf der linken Seite; 5 = In einer Vertiefung, auf der rechten Seite des Theatersaales; 6 = Im Säulensaal, auf der rechten Seite; 7 = Im Kuppelsaal, auf der rechten Seite; 8 = Im Kuppelsaal, auf der linken Seite; 9 = In der Nische des grossen Saales; 10 = Auf der Erhöhung im grossen Saal.

Am 18. I. 1959 wurden weitere vier Fallen an folgenden Stellen ausgesetzt: 11 = Am Anfang der linken Nische des aus dem Theatersaal beginnenden Seitenganges; 12 = Ebenda, in der Mitte des rechten Ganges; 14 = In der Mitte des Spaltenganges; 15 = Am Ende des Spaltenganges.

Bei der ersten Gelegenheit wurden noch im Wasserschacht und auf dessen Oberfläche vier Fallen eingegraben, leider sind aber diese den inzwischen durchgeführten weiteren Erschliessungs-Arbeiten zum Opfer gefallen.

Die zahlenmässige Verteilung der Arten in den Fallen ist in Tabelle II. u. III. veranschaulicht.

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der István-Höhle

(16. X. 1958. – 18. I. 1959)

Tabelle II.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. |
| <i>Platycampa humicola</i> JON. | – | – | – | – | – | – | – | – | 2 | – | – |
| <i>Hypogastrura purpur-</i> <i>rescens</i> (LUBB.) | – | – | – | – | – | – | – | 10 | – | – | – |
| <i>Hypogastrura</i> <i>bengtssoni</i> (AGR.) | – | – | – | – | – | – | 1 | 4 | – | – | – |
| <i>Willemia anophthal-</i> <i>ma</i> BÖRN. | – | – | 3 | 4 | – | 4 | 1 | – | 2 | – | – |
| <i>Onychiurus fimetarius</i> ” Auct. | – | 1 | – | – | 1 | – | – | – | 2 | – | – |
| <i>Onychiurus armatus</i> (TULLB.) | – | – | – | 2 | – | – | 1 | – | 3 | – | – |
| <i>Folsomia candida</i> (WILL.) | – | 2 | 3 | 11 | 7 | 26 | 6 | – | 9 | 3 | – |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | – | – | – | – | – | – | – | 1 | 2 | 4 | 2 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | – | 1 | 5 | 2 | 3 | 9 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 |
| <i>Lepidocyrtus curvi-</i> <i>collis</i> BOURL. | – | – | – | – | – | – | – | – | 2 | – | – |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | – | 6 | 2 | 7 | 9 | 11 | 8 | 6 | 8 | 5 | 7 |
| <i>Oncopeltus crassicorn-</i> <i>is</i> SCHOE.B. | – | – | – | – | – | 1 | – | – | – | – | – |
| <i>Arrhopalites bifidus</i> STACH | – | 7 | 12 | 26 | 23 | 179 | 18 | 9 | 6 | 11 | 3 |
| <i>Duvalius gebhardii</i> BOK. | – | – | 2 | 1 | 1 | – | 2 | – | 1 | – | – |
| <i>Quedius mesomeli-</i> <i>nus</i> MARSH | – | – | 1 | – | – | 2 | 1 | 3 | – | – | – |
| <i>Porrhomma proserpina</i> SIM. | – | – | 1 | 1 | – | – | 2 | – | – | – | – |

Bemerkung: Die 1. Zahlenkolonne musste leider leer bleiben, da am 18. I. 1959 kein Seil zur Verfügung stand und so Falle Nr. 1 nicht erreicht werden konnte.

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der István-Höhle
(18. I. 1959 – 15. IV. 1959)

Tabelle III.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. |
| <i>Platycampa humicola</i> JON. | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| <i>Hypogastrura purpureescens</i> (LUBB.) | — | — | — | — | — | — | 6 | 21 | — | — | — | — | — | 61 | — |
| <i>Hypogastrura bengtssoni</i> (AGR.) | — | — | — | — | — | — | — | 5 | 1 | — | — | — | 3 | 8 | — |
| <i>Willemia anophthalma</i> BÖRN. | — | — | — | — | 4 | 2 | — | 4 | 2 | — | 1 | 6 | — | 1 | — |
| <i>Onychiurus armatus</i> (TULLB.) | — | — | — | — | 2 | — | — | 3 | 8 | — | — | — | 2 | — | 4 |
| <i>Onychiurus „fimetarius“</i> Auct. | — | — | 1 | — | 3 | — | — | — | 1 | — | 2 | 1 | — | — | — |
| <i>Folsomia candida</i> (WILL.) | 2 | 1 | — | — | 3 | 4 | 3 | 4 | 11 | 6 | 4 | 2 | 21 | 14 | 9 |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | — | 6 | 7 | 1 | — | 9 | 4 | 6 | 2 | 8 | 4 | 18 | 9 | — | 4 |
| <i>Lepidocyrtus curvicolis</i> BOURL. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | 2 | 7 | 9 | 8 | 7 | 8 | 6 | 11 | 4 | 6 | 2 | 13 | 10 | 12 | 7 |
| <i>Arrhopalites bifidus</i> STACH | 2 | 33 | 9 | 9 | 18 | 31 | 19 | 6 | 5 | 27 | 7 | 9 | 47 | 14 | 2 |
| <i>Duvalius gebhardti</i> BOK. | 3 | 4 | — | — | 1 | — | — | — | — | 2 | 1 | 1 | — | — | 1 |
| <i>Quedius mesomelinus</i> MARSH | — | — | 2 | 1 | — | — | 2 | — | — | — | — | — | 1 | — | — |
| <i>Atheta spelaea</i> ER. | — | — | — | 1 | — | — | — | 2 | — | — | — | — | 1 | — | — |
| <i>Atheta</i> sp. | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Mitostoma chrysomelas</i> (HERM.) | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 1 | — | — |
| <i>Porrhomma proserpina</i> SIM. | — | — | — | 2 | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 | 2 |

Liste der in der Höhle angetroffenen Arthropoden

Diplura

1. *Platycampa humicola* JON.

Collembola

2. *Hypogastrura (Hypogastrura) purpureescens* (LUBB.)
3. *Hypogastrura (Ceratophysella) bengtssoni* (AGR.)
4. *Willemia anophthalma* BÖRN.
5. *Onychiurus armatus* (TULLB.) GIS.
6. *Onychiurus „fimetarius“* AUCT.
7. *Folsomia candida* (WILL.)
8. *Isotoma notabilis* SCHÄFF.
9. *Pseudosinella alba* (PACK.)
10. *Lepidocyrtus curvicolis* BOURL.
11. *Heteromurus nitidus* (TEMPL.)
12. *Oncopodura crassicornis* SCHOEB.
13. *Arrhopalites bifidus* STACH

Coleoptera

14. *Duvalius gebhardti* BOK.
15. *Quedius mesomelinus* MARSH
16. *Atheta spelaea* ER.
17. *Atheta* sp.

Opiliones

18. *Mitostoma chrysomelas* (HERM.)

Araneae

19. *Porrhomma proserpina* SIM.
20. *Nesticus cellulanus* OLIV. +
21. *Lepthyphantes* sp. juv. +
22. *Meta menardi* LATR. +
23. *Cicurina cicur* F. +

(Die mit einem + versehenen Arten wurden gelegentlich durch manuelles Sammeln erbeutet. Von der Anführung derjenigen Arten, die, wie dies auch aus der Literatur bekannt ist, nur in der Nähe des Einganges anzutreffen sind, wird an dieser Stelle abgesehen.)

L. SZALAY (27) erwähnt aus dieser Höhle auch *Lithobius forficatus* L. (*Chilopoda*). Demnach sind also 24 Arthropoden-Arten bisher aus der István-Höhle bekannt geworden.

Mit Ausnahme von zwei troglobionten Arten (*Duvalius gebhardti*, *Arrhopalites bifidus*) sind die übrigen alle troglophil. Es ist jedoch bekannt, dass die Neigung und Adaptation den Höhlenverhältnissen gegenüber bei den letzterwähnten Arten äusserst verschieden sein kann.

Aus den angeführten Angaben der Tabellen lassen sich einige interessante Folgerungen bezüglich der produktionsbiologischen Verhältnisse der Höhle sowie der Ökologie der Tiere ziehen.

Unter den Collembolen befinden sich Arten die massenhaft, sozusagen in allen Teilen der Höhle vorkommen und unabhängig von der Jahreszeit stets dominant sind, u. zwar: *Folsomia candida*, *Pseudosisinella alba*, *Heteromurus nitidus* und *Arrhopalites bifidus*. Allein die Art *Arrhopalites bifidus* ist troglobiont, alle übrigen sind troglophile Elemente. Das massenhafte Vorkommen jedoch lässt vermuten, dass sich die erwähnten Tiere den Verhältnissen der Höhle angepasst haben und diese ihnen in jeder Beziehung entsprechen.

Die beiden *Hypogastrura*-Arten wurden in grossen Mengen nur in denjenigen Fallen angetroffen, die in der Nähe von Guanoanhäufungen lagen. Vermutlich sind diese Tiere guanophil.

Die räuberischlebenden Komponente der Nahrungskette bauen sich in der Höhlen-Biozönose höchstwahrscheinlich auf die grossen Mengen der Collembolen auf. Doch spielen auch die Dipteren und deren Larven in ihrer Ernährung eine gewisse Rolle. Die troglobionte Art *Duvalius gebhardti* ist der Hauptvertreter der räuberischlebenden Ernährungsgruppe.

Die geordneten Verhältnisse, die elektrische Beleuchtung tragen alle dazu bei, dass sich die István-Höhle in eine Kulturhöhle umgewandelt hat. Da die meisten Arthropoden der Höhle äusserst klein sind, konnten sie durch manuelles Sammeln bisher nicht erbeutet werden. Deswegen ist es zu verstehen, dass selbst G. KOLOSVÁRY 1934, in seiner Arbeit „Recherches biologiques dans les grottes de pierre à chaux de la Hongrie“ noch folgender Meinung war: „Le milieu vital y est troublé, puisque la terrain de même est constamment balayé, detritus et conditions vitales y manquent complètement. L'entrée en est barré d'une porte ferrée comme chez la précédente et devient ainsi immédiatement un couloir sombre“.

Durch das Reinhalten der Höhle werden die organischen Substanzen zwar aus dem Weg geschaffen, jedoch in der Höhle gelassen, und fördern zusammen mit den vereinzelt Brettern und anderem Gehölz, sowie mit den ständig sich neu bildenden Guano den organischen Stoffgehalt der Grotte. Weiterhin setzt sich durch die ständigen Überflutungen auch immer neues organisches Material ab. Ob Produzenten niedriger Entwicklungsstufe an der Anreicherung organischer Substanzen beteiligt sind, oder überhaupt in der Höhle leben, ist zur Zeit noch unerforscht und müsste in der Zukunft untersucht werden.

2) FORRÁS-HÖHLE

(Früher Anna-Höhle genannt)

Der ursprüngliche Eingang der Grotte befindet sich unter den Hängegärten des Hotel Palota bei Lillafüred, 264 m über dem Meeresspiegel. Nachdem eine Zunahme des Fremdenverkehrs zu erwarten war, verfertigte man einen 40 m langen Stolleneingang neben dem Eingangstor der Burgmauer die das Hotel Palota umgibt.

Die Forrás-Höhle erlangt ihre Bedeutung durch die primäre Beschaffenheit im holozänen Kalktuff. Ihre Hohlräume sind nicht sekundär durch Wassereinschnitt entstanden und auch nicht durch Dislokation, sondern durch das Ausscheiden von Kalktuff aus den Quellen, die primär kleinere bzw. grössere Hohlräume umschlossen. Die Hohlräume sind grösstenteils verschiedener Gestalt, entweder rund oder eiförmig. Es existieren entweder keine oder nur sehr schmale Verbindungsgänge zwischen den einzelnen Hohlräumen, welche heute jedoch künstlich verfertigt bzw. erweitert wurden, so dass ein bequemer Verkehr zwischen den einzelnen Räumen ermöglicht ist.

Der Kalktuff brachte in den einzelnen Hohlräumen wunderschöne hauchdünne, spitzenartige Gebilde zustande. Von der Decke ragen verschiedene inkrustierte Wurzeln nach unten, anderswo wiederum können die Abdrücke von Blättern und anderen pflanzlichen Teilen im gebildeten Kalktuff nachgewiesen werden. Diese wunderschönen Ansichten lassen unvergessliche Eindrücke im Besucher zurück.

Die Forrás-Höhle ist im Sinne des Wortes eine Kulturhöhle. Der Boden der Höhle ist grösstenteils betoniert oder mit Mosaikplatten ausgelegt. Die einzelnen Abschnitte sind reichlich mit Glühbirnen versehen. Da sie täglich oft besucht wird, erhält das Innere der Höhle verhältnismässig viel künstliches Licht. Um die Lampen haben sich Moosüberzüge gebildet, die mit den schönen Kalktuffbildungen ein buntes Bild geben.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Höhle waren während der drei Untersuchungen (16. X. 1958., 18. I. 1959, 15. IV. 1959.) so ziemlich gleich. Der von der Trauerweide nach unten führende Weg, sowie die Wände in dessen Umgebung waren nass. Die

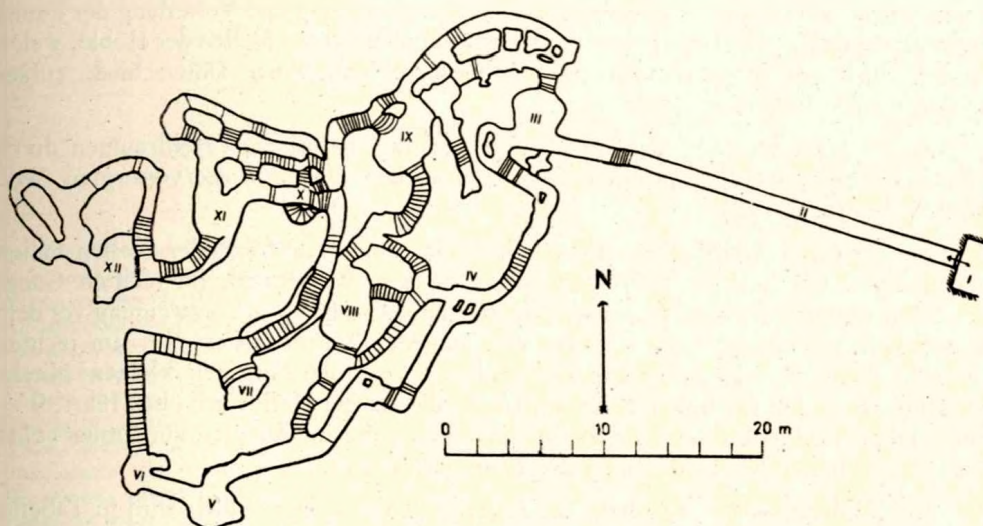


Abb. 2. Plan der Forrás- (Arna-) Höhle. Die römischen Ziffern dienen zur topographischen Ortbezeichnung. I = Eingang; II = Künstlicher Gang; III = Hall; IV = Dreifaches Tor; V = Saal des Nordlichtes; VI = Tropfsteintor; VII = Steinherz; VIII = Trauerweide; IX = Orgelsaal; XI = Bezaubertes Kastell; XII = Wasserwerk-Gang.

Feuchtigkeit, die im übrigen in der ganzen Höhle ziemlich gross ist, lässt sich auf den Kalktuffbildungen nicht so gut erkennen wie auf den Tropfsteinen oder auf den massiven Kalksteinwänden.

In Tabelle IV. sind die Temperatur- und Feuchtigkeitswerte, die während den drei Untersuchungen gemessen wurden, angeführt.

Tabelle IV.

| Nummer | Messungsstelle | Zeitpunkte der Messung | | | | | |
|--------|-----------------------------------|------------------------|------------------|-------------|------------------|--------------|------------------|
| | | 16. X. 1958 | | 18. I. 1959 | | 15. IV. 1959 | |
| | | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit |
| 1 | Trauerweide | 10,8 C° | 96% | 10,6 C° | 98% | 10,6 C° | 98 % |
| 2 | Hölle, Eingang des rechten Ganges | 10,6 C° | 97% | 10,6 C° | 98% | 10,6 C° | 98 % |
| 3 | Verzweigung vor dem Wasserwerk | 10,6 C° | 98% | 10,5 C° | 98% | 10,6 C° | 98 % |

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, sind die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse sozusagen konstant, zeigen nur sehr kleine Schwankungen. Die Werte der Temperatur liegen im Durchschnitt etwas über 10° C, der relative Feuchtigkeitsgehalt beträgt nahezu 100%.

Bezüglich der Lichtverhältnisse ist die Höhle vollständig dunkel, da Tageslicht nicht eindringen vermag. Umso reicher ist jedoch die künstliche Beleuchtung. Dieses

Licht scheint aber keinen Einfluss auf die Zusammensetzung und Verteilung der Fauna zu besitzen, da zwischen den beleuchteten und unbeleuchteten Stellen der Höhle, welche letztere auch vor dem Fremdenverkehr abgesperrt sind, keine Unterschiede aufgewiesen werden konnten.

Es sei noch erwähnt, dass nicht weit von den natürlichen Hohlräumen durch künstlich angelegte Gänge Quellen erschlossen wurden, die zur Wasserversorgung von Miskolc beitragen (12).

Bei der ersten Gelegenheit, am 16. X. 1958, wurden an folgenden Stellen Fallen eingegraben: (Abb. 2.) 1 = Verzweigung vor dem Wasserwerk im rechten Gang; 2 = Verzweigung vor dem Wasserwerk im mittleren Gang; 3 = Verzweigung vor dem Wasserwerk im kleinen Saal; 4 = Bei der Türe des Wasserwerkes; 5 = Im rechten Gang der Höhle; 6 = Im Rundgang der Höhle; 7 = In der äusseren kleinen Nische der Höhle; 8 = Auf der linken Seite der Treppe die aus der Höhle nach oben führt; 9 = Beim Treppenaufgang; 10 = In der linken Nische, die im Aufstieg zur Trauerweide liegt; 11 = In der Nische die unter der Trauerweide liegt.

Die Zahlenmässige Verteilung der Arten in den einzelnen Fallen wird in Tabelle V. u. VI. veranschaulicht.

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der Forrás-Höhle

(16. X. 1958 – 18. I. 1959)

Tabelle V.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11 |
| <i>Nopoiulus venustus</i> MEIN | 1 | — | — | — | 3 | — | 4 | — | — | — | — |
| <i>Allotyphloiulus bükkensis</i> LOKSA | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — |
| <i>Pauropoda</i> sp. | — | — | — | 2 | 1 | — | — | 1 | 2 | — | — |
| <i>Cryptops anomalans</i> NEWP. | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Hypogastrura cavicola</i> (BÖRN.) | — | 1 | 1 | — | — | 2 | — | — | — | — | 1 |
| <i>Neanura muscorum</i> (TEMPL.) | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| <i>Onychiurus „fimetarius“</i> Auct. | 6 | 7 | 11 | 8 | 9 | 9 | 13 | 14 | 9 | 3 | 12 |
| <i>Folsomia candida</i> (WILL.) | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | — | — | 2 | — | 1 | — | — | — | 2 | 5 | 4 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 3 |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | — | 5 | 9 | — | — | 1 | 2 | 6 | 3 | 7 | — |
| <i>Tomocerus minor</i> (LUBB.) | — | 1 | — | — | 4 | — | 1 | 4 | — | — | — |
| <i>Arrhopalites bifidus</i> STACH | 12 | 22 | 23 | 6 | 6 | 26 | 36 | 24 | 13 | 9 | 18 |
| <i>Megalothorax minimus</i> WILL. | 3 | — | — | — | — | 2 | 3 | 3 | — | — | 2 |
| <i>Sminthurus</i> sp. juv. | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — |
| <i>Trechus austriacus</i> DEJ. | 2 | — | 4 | 1 | — | — | 2 | 3 | 1 | 1 | — |
| <i>Quedius masomelinus</i> MARSH | 1 | — | — | — | 2 | — | — | — | 1 | — | — |
| <i>Atheta</i> sp. | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| <i>Crosbycus bükkensis</i> LOKSA | — | 1 | 2 | — | 2 | 1 | 5 | 1 | 3 | — | — |
| <i>Lepthiophantes pallidus</i> CAMBR. | 1 | — | — | — | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | — | — |

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der Forrás-Höhle
(18. I. 1959 – 15. IV. 1959)

Tabelle VI.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. |
| <i>Cylisticus convexus</i> DE GEER | — | 2 | — | 1 | 1 | — | 3 | — | — | — | 1 |
| <i>Polydesmus denticulatus</i> KOCH | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 2 |
| <i>Nopoiulus venustus</i> MEIN. | — | 1 | 1 | — | 2 | — | 2 | — | — | — | — |
| <i>Allotyphloiulus polypodus</i> LOKSA | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| <i>Pauropoda</i> sp. | 2 | — | — | 1 | — | — | 3 | — | 1 | — | — |
| <i>Hypogastrura cavicola</i> (BÖRN.) | — | — | 1 | — | — | 1 | — | — | 1 | — | — |
| <i>Neanura muscorum</i> (TEMPL.) | — | — | — | 3 | — | — | — | 1 | — | — | — |
| <i>Onychiurus „fimetarius“</i> Auct. | 4 | 8 | 3 | 7 | 5 | 16 | 9 | 11 | 4 | 6 | 9 |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | — | 2 | 1 | — | — | 1 | — | — | 2 | 2 | 3 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | — | — | — | — | — | — | 2 | 3 | — | — | — |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | — | 4 | 7 | 3 | 9 | 5 | 8 | — | 2 | 2 | 6 |
| <i>Tomocerus minor</i> (LUBB.) | — | — | 1 | — | 1 | 2 | — | 1 | — | — | — |
| <i>Arrhopalites bifidus</i> STACH | 7 | 9 | 11 | 6 | 4 | 14 | 20 | 9 | 13 | 5 | 2 |
| <i>Megalothorax minimus</i> WILL. | 3 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 3 | 1 |
| <i>Sminthurus</i> sp. juv. | 1 | 1 | — | — | — | 4 | — | — | — | — | — |
| <i>Trichus austriacus</i> DEJ. | — | 3 | 1 | 2 | — | — | 5 | 6 | — | — | 1 |
| <i>Chthonius tetrachelatus</i> PREYSSL. | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — |
| <i>Crosbycus bükkensis</i> LOKSA | — | 3 | — | — | — | 1 | 3 | — | — | 1 | — |
| <i>Lepthyphantes pallidus</i> CAMBR. | — | 2 | 1 | — | — | 2 | 1 | 1 | — | 1 | — |

Aufzählung der Arthropoden

Oniscoidea

1. *Cylisticus convexus* DE GEER

Diplopoda

2. *Polydesmus denticulatus* KOCH
3. *Nopoiulus venustus* MEIN
4. *Allotyphloiulus polypodus* LOKSA

Pauropoda

5. 1 sp.

Chilopoda

6. *Cryptops anomalans* NEWP.

Collembola

7. *Hypogastrura (Ceratophysella) cavicola* (BÖRN.)
8. *Neanura muscorum* (TEMPL.)
9. *Onychiurus „fimetarius“* AUCT.
10. *Folsomia candida* (WILL.)
11. *Pseudosinella alba* (PACK.)
12. *Heteromurus nitidus* (TEMPL.)
13. *Tomocerus minor* (LUBB.)
14. *Arrhopalites bifidus* STACH
15. *Megalothorax minimus* WILL.
16. *Sminthurus* sp. juv.

Coleoptera

17. *Trechus austriacus* DEJ.
18. *Quedius mesomelinus* MARSH
18. *Atheta* sp.

Opiliones

20. *Crosbycus bükkensis* LOKSA

Pseudoscorpiones

21. *Chtonius tetrachelatus* PREYSSL.

Araneae

22. *Lepthyphantes pallidus* CAMBR.
23. *Lepthyphantes leprosus* OHL. +
24. *Tegenaria derhami* SCOP. +

Aus höhlenökologischem Gesichtspunkt verteilen sich die untersuchten Arten der einzelnen Gruppen folgendermassen: 4 Arten sind troglobiont (*Allotiphloiulus poly-podus*, *Hypogastrura cavicola*, *Arrhopalites bifidus* und *Crosbycus bükkensis*); 18 Arten sind in verschiedenem Masse troglphil, während 2 Arten troglloxen sind (*Sminthurus* sp. juv., *Cryptops anomalans*).

Die konstant-dominanten Arten der Höhle, wie dies aus Tabelle V. u. VI. zu ersehen ist, sind *Onychiurus fimetarius* und *Arrhopalites bifidus*. Diese bilden auch die grösste Zahl der detritophagen Tiere. Unter den räuberisch lebenden Elementen dominiert *Trechus austriacus* und *Lepthyphantes pallidus*. Über die Nahrungsverhältnisse der Art *Crosbycus bükkensis* ist uns vorläufig noch nichts bekannt.

Ganz besonders auffällig ist es jedoch, dass aus dieser verhältnismässig kleinen Höhle, die fortwährenden Störungen ausgesetzt ist (Fremdenverkehr, Reinigung), mit der Fallenfang-Methode dennoch eine so reiche und interessante Fauna erbeutet

werden konnte. Auch über diese Höhle schrieb G. KOLOSVÁRY 1934 (14), in seiner bereits erwähnten Arbeit noch folgendes: „La grotte comme telle est totalement supprimée par l'effet de la sortie et de la vallée. Notablement, la grotte avec son intérieur, faute de detritus, ne peut soutenir son monde vivant, de l'extérieur elle est isolée par deux portes ferrées, le sol y est continuellement balayé et nettoyé.”

Es ist schwer festzustellen wie die organischen Überreste in die Höhle geraten. Faulende Gelände-Überreste und Bretter liegen stets in den versteckteren Winkeln der Höhle herum und dienen einigen Tieren als Futter. So wurden z. B. Diplopoden beim manuellen Sammeln stets an solchen angetroffen. Da die Höhle von der Aussenwelt durch dicht schliessende Türen versperrt ist, fehlen in ihr die Fledermäuse und ebenso auch ihr Guano. Wahrscheinlich werden organische Abfälle bei nassem Wetter auch durch die Schuhe der Besucher eingeschleppt, die beim Reinigen aus dem Weg gekehrt, jedoch in der Höhle gelassen werden. Diese organischen Materiale sind aber Überreste der Gegenwart bzw. der jüngsten Vergangenheit, die Tierwelt der Höhle hingegen stammt offensichtlich von früher her, noch bevor sie dem Fremdenverkehr übergeben wurde. Die Tiere mussten sich also auch früher von etwas ernährt haben. Es kann angenommen werden, dass einerseits früher unter anderen Verhältnissen, durch das Wasser organische Stoffe in die Höhle geraten sind, anderseits mussten oder müssen auch ohne Licht lebende Urproduzenten existieren bzw. existiert haben.

3) SZELETA-HÖHLE

Die Öffnung der Höhle (Abb. 3) liegt in der Umgebung des Kurortes Lillafüred, unter der sogenannten Szeletaspitze, 370 m über dem Meeresspiegel. Sie ist im oberladinisch-karnischen Kalkstein entstanden, im Mittleren- oder Unterpleistozän. Während den archäologischen Grabungen wurde ihr Eingang erweitert. In unmittelbarer Nähe des Einganges befindet sich ein grosser, 20 m langer, 15 m breiter und 8 m hoher Saal (I). Aus diesem öffnet sich in NW-Richtung ein schmaler blind endender Spaltengang (II), während sich die Höhle in NNW-Richtung in einem breiten Gang (III) fortsetzt. Dieser Gang erweitert sich in westlicher Richtung zu einem Saal (IV). In der Fortsetzung folgt wieder eine Verschmälerung (V), die sich in östlicher und westlicher Richtung verzweigt. Hier können auch heute noch Tropfsteinbildungen beobachtet werden. Im westlichen Zweig liegt gleich am Anfang ein kleines Wasserbecken von 50 cm Durchmesser, welches während den Untersuchungen stets Wasser enthielt.

Die Untersuchungen in der Höhle erfolgten am 14. V. 1959, am 7. VIII. 1959 und am 17. XII. 1959.



Abb. 3. Plan der Szeleta-Höhle.

Im Mai und September war die Höhle vom Ende des breiten Ganges an ziemlich feucht, das Becken war voll mit Wasser und von der Decke konnte an mehreren Stellen Tropfen beobachtet werden. Im August war die Höhle verhältnismässig trocken und auch im Wasserbecken war das Wasser nur 1–2 cm hoch.

Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse gestalteten sich bei den drei Untersuchungen folgendermassen. (Tabelle VII.)

Tabelle VII.

| Nummer | Messungsstelle | Zeitpunkt der Messung | | | | | |
|--------|-------------------------------|-----------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | 14. V. 1959 | | 7. VIII. 1959 | | 17. XII. 1959 | |
| | | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit | Temperatur | Luftfeuchtigkeit |
| 1 | Grosser Saal | 6,4 C° | 84% | 10,6 C° | 75% | 3,2 C° | 80% |
| 2 | Ausbuchtung des langen Ganges | 7,9 C° | 90% | 9,4 C° | 80% | 7,4 C° | 90% |
| 3 | Hinter der Verängung | 9,4 C° | 96% | 9,8 C° | 94% | 9,6 C° | 96% |

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, besitzt nur der letzte Abschnitt der Höhle ein charakteristisches Höhlen-Klima. Der grosse Saal gleich beim Eingang steht völlig unter dem Einfluss der äusseren Temperatur- und der Feuchtigkeitsverhältnisse.

Vollständige Dunkelheit herrscht nur im letzten Abschnitt der Höhle, in den Gängen der Verzweigung die der Verängung folgen. Der grosse Saal ist wegen der in unmittelbarer Nähe sich befindlichen Eingangsöffnung und der südlichen Lage ziemlich hell. An den Wänden des Saales sind an mehreren Stellen Moosbildungen zu sehen. Das Dämmerlicht dringt in den Seitengang und auch bis an das Ende des breiten Ganges ein.

Am 14. V. 1959 wurden an folgenden Stellen Fallen eingegraben: 1 = In der Verängung auf der rechten Seite; 2 = Im westlichen Zweig, neben dem Wasserbecken; 3 = Im östlichen Zweig; 4 = In der Mitte des langen Ganges, unter einem Felsen; 5 = In der Ausbuchtung des langen Ganges; 6 = Einige Meter von der vorigen Stelle entfernt, in westlicher Richtung; 7 = Am Anfang des Spaltenganges; 8 = Am Ende des Spaltenganges; 9 = Im grossen Saal, in der östlichen Ausbuchtung.

Aufzählung der in der Szeleta-Höhle angetroffenen Arthropoden-Arten

Oniscoidea

1. *Protracheoniscus amoenus* DOLLF.
2. *Cylisticus convexus* DE GEER
3. *Porcellio* sp. juv. †

Diplopoda

4. *Polydesmus complanatus* L.

Chilopoda

5. *Lithobius forficatus* L.

Collembola

6. *Hypogastrura purpurescens* (LUBB.)
7. *Onychiurus armatus* (TULLB.)
8. *Onychiurus „fimetarius“* AUCT.
9. *Tullbergia krausbaueri* (BÖRN.)
10. *Isotoma notabilis* SCHÄFF.
11. *Folsomia quadrioculata* (TULLB.)
12. *Pseudosinella alba* (PACK.)
13. *Lepidocyrtus curvicollis* BOURL.
14. *Heteromurus nitidus* (TEMPL.)
15. *Tomocerus vulgaris* (TULLB.)
16. *Arrhopalites caecus* (TULLB.)

Araneae

17. *Tegenaria derhami* SCOP. +
18. *Pholcus opilionides* (SCHRANK)
19. *Lepthyphantes leprosus* OHL.
20. *Lepthyphantes pallidus* CAMBR.
21. *Nesticus cellulanus* OLIV.
22. *Porrhomma proserpina* SIM.
23. *Meta menardi* LATR. +
24. *Amaurobius ferox* WALCK. +
25. *Theridion lunatum* CL. +

Die von G. KOLOSVÁRY (14) beschriebene neue Spinnen-Art *Lepthyphantes strandi* konnte während meinen Untersuchungen nicht wieder gefunden werden. Mit dieser zusammen sind bisher aus der Szeleta-Höhle 26 Arten bekanntgeworden, wovon eine (da sie unseren heutigen Kenntnissen nach nur von da gemeldet wurde) troglobiont ist, während 21 Arten in verschiedenem Masse troglöphil, 4 Arten troglöxen sind.

In Tabelle VIII. u. IX. ist die Verteilung der in verschiedenem Masse troglöphilen Arten der verhältnismässig kurzen, von äusseren klimatischen Verhältnissen beeinflussten, teilweise gut beleuchteten Höhle veranschaulicht (Tabelle VIII. u. IX.).

Die Höhle ist reich an organischen Materialien, trotz den archäologischen Grabungen, denen zu Folge der Boden stark aufgewühlt und die Schichten der Ablagerungen oft bewegt und aus der Höhle transportiert wurden.

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der Szeleta-Höhle
(14. V. 1959. – 7. VIII. 1959)

Tabelle VIII.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | |
|--|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
| <i>Cylisticus convexus</i> DE GEER | 2 | – | – | – | – | – | 1 | – | 2 |
| <i>Polydesmus complanatus</i> L. | – | – | – | – | – | 1 | – | – | – |
| <i>Lithobius forficatus</i> L. | – | – | – | 1 | – | – | – | – | 1 |
| <i>Hypogastrura purpurascens</i> (LUBB.) | 4 | 2 | – | – | – | – | – | – | – |
| <i>Onychiurus armatus</i> (TULLB.) | 4 | 1 | – | – | 2 | 5 | 1 | 1 | 3 |
| <i>Onychiurus „fimetarius“</i> Auct. | 6 | 8 | 5 | 1 | 4 | – | – | – | – |
| <i>Tullbergia krausbaueri</i> (BÖRN.) | – | – | – | 3 | – | – | 2 | – | – |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | 2 | 3 | 1 | 4 | – | – | 8 | – | 1 |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> (TULLB.) | – | – | – | – | – | – | – | – | 5 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | 4 | 2 | 5 | 1 | – | – | 3 | 2 | 1 |
| <i>Lepidocyrtus curvicolis</i> BOURL. | – | – | – | – | – | 4 | 5 | 3 | 8 |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | 2 | 3 | – | 3 | – | 1 | 2 | – | – |
| <i>Tomocerus vulgaris</i> (TULLB.) | – | – | – | – | – | – | 3 | 4 | 9 |
| <i>Arrhopalites caecus</i> (TULLB.) | 4 | 1 | 5 | – | 2 | – | – | – | – |
| <i>Pholcus opilionides</i> (SCHRANK.) | – | – | – | – | – | – | 1 | – | – |
| <i>Lepthyphantes pallidus</i> CAMBR. | – | 2 | – | – | – | 1 | – | – | – |
| <i>Porrhomma proserpina</i> SIM. | 2 | 1 | – | – | 2 | – | – | 1 | – |

Zahlenmässige Verteilung der Arthropoden in den Fallen der Szeleta-Höhle
(7. VIII. 1959 – 17. XII. 1959)

Tabelle IX.

| Species | Nummer der Fallen | | | | | | | | |
|--|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
| <i>Protracheoniscus amoenus</i> DOLF. | – | – | – | – | – | – | – | – | 3 |
| <i>Cylisticus convexus</i> DE GEER | – | – | – | – | 2 | 1 | – | 1 | – |
| <i>Porcellio</i> sp. juv. | – | – | – | 1 | – | – | – | – | – |
| <i>Hypogastrura purpurascens</i> (LUBB.) | 2 | 1 | – | – | – | – | – | – | – |
| <i>Onychiurus armatus</i> (TULLB.) | 1 | – | 3 | 2 | 5 | – | 1 | 3 | 3 |
| <i>Onychiurus „fimetarius“</i> Auct. | 2 | 11 | 6 | 4 | – | 1 | – | – | – |
| <i>Isotoma notabilis</i> SCHÄFF. | 1 | 3 | 4 | – | 2 | 3 | 8 | – | 2 |
| <i>Pseudosinella alba</i> (PACK.) | 2 | 2 | 1 | 6 | – | – | 4 | 1 | 3 |
| <i>Lepidocyrtus curvicolis</i> BOURL. | – | – | – | – | 1 | – | – | 4 | 3 |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (TEMPL.) | – | 2 | 3 | 1 | – | 2 | – | – | – |
| <i>Tomocerus vulgaris</i> (TULLB.) | – | – | – | – | – | – | – | 4 | 6 |
| <i>Arrhopalites caecus</i> (TULLB.) | 4 | 6 | – | – | 2 | – | – | – | – |
| <i>Lepthyphantes leprosus</i> OHL. | – | – | 1 | – | 1 | – | – | – | – |
| <i>Nesticus cellulanus</i> OLIV. | – | 2 | – | – | – | – | – | – | – |
| <i>Porrhomma proserpina</i> SIM. | 1 | 1 | – | – | 3 | – | – | – | – |

FAUNISTISCH-SYSTEMATISCHE BEMERKUNGEN BEZÜGLICH
EINIGER COLLEMBOLA-ARTEN

Hypogastrura (Ceratophysella) cavicola (BÖRN.)

(Abb. 4–11)

Diese Art wurde in Ungarn zuerst von A. GEBHARDT am 30. III. 1921. in der Höhle von Mánfa, Mecsek-Gebirge, gesammelt.

Bei den Exemplaren der Forrás-Höhle ist das Chitin des Körpers farblos, auf der Rückenseite befinden sich in Reihen geordnete kleinrunde blaue Pigmentflecken. Der ganze Körper ist fein granuliert, Ant. IV. mit ganzem Endbläschen und 6 Riechhaaren (Abb. 8). Das postantennale Organ besteht aus vier Tuberkeln. Das erste Tuberkel-Paar ist doppelt so lang als breit. Das hintere Paar ist dreieckförmig. Die Gestalt und Anordnung der vier Tuberkeln ist ziemlich verschieden, zeigt auch an den beiden untersuchten Exemplaren eine gewisse Abweichung (Abb. 4–5). Acht Augen sind in einem gemeinsamen Pigmentfleck, vor den beiden letzten Augen befinden sich eine grössere gerade und zwei kleine gebogene Borsten (Abb. 4). Auf der inneren Seite der Klaue steht ein Zahn, das Empodium reicht bis zur Hälfte der Klaue (Abb. 6). Dens mit 6 Borsten, von denen die proximale länger und dicker ist als die übrigen (Abb. 7). Tenaculum mit 4 + 4 Zähnen (Abb. 9). Analdornen schlank, gebogen, 1,5 mal länger als Klaue III (Abb. 10). Der Tergit des 3. Thorakalsegmentes, sowie die Chaetotaxis des Tergites des 3–6. Abdomensegmentes sind auf Abb. 11 veranschaulicht.

Hypogastrura (Ceratophysella) bengtssoni (AGR.)

(Abb. 12–16)

Diese Art war in Ungarn nur aus Budapest, Piliscsaba und Révfülöp bekannt gewesen, in Höhlen wurde sie noch nie gesammelt. Die Literaturangaben verzeichnen bei dieser Art hohe Feuchtigkeitsansprüche, an der Bodenoberfläche erscheint sie nur im Winter.

Bei den Exemplaren, die in der István-Höhle gesammelt wurden, fehlt der Zahn am inneren Rande der Klaue und die Tuberkeln am postantennalen Organ sind beinahe gleich gross. In den übrigen Merkmalen stimmen sie mit den Individuen anderer Fundorte überein.

Onychiurus „fimetarius“ (AUCT.)

(Abb. 17–22)

Es ist allgemein bekannt, dass mit der Art *fimetarius* in Europa Identifikations-Schwierigkeiten bestehen. Da mir augenblicklich kein Vergleichs-Material zur Verfügung steht, auf Grund dessen ich die genaue Zugehörigkeit der Art bestimmen könnte, gebe ich um weitere Komplikationen und Missverständnisse zu vermeiden, eine Beschreibung und Zeichnungen von den in der István-, Forrás- und Szeleta-Höhle angetroffenen Individuen an.

Die Grösse der entwickelten Individuen schwankt zwischen 1,6–2,5 mm. Farbe schneeweiss. Die Hautkörner sind ziemlich fein.

Antenne kürzer als die Kopfdiagonale. Das am 3. Glied befindliche Antennalorgan besteht aus 5 verhältnismässig schmalen, feingekörnten Papillen, welche von 5 Borsten geschützt werden. Innerhalb der Papillen sind zwei gebogene, bei einigen Exemplaren nierenförmige Sinneskegel. Der Sinneskegel ist glatt. Bei mehreren Exemplaren, wie dies auch aus Abb. 20 zu ersehen ist, befinden sich zwischen den beiden Sinneskegeln zwei Sinnesstäbchen. Es sei bemerkt, dass bei den frisch gehäuteten Individuen die Papillen überhaupt keine Körnelung aufweisen. Das postantennale Organ liegt in einer Vertiefung und besteht aus 20–23 Primär-Tuberkeln. Die Tuberkeln liegen ziemlich dicht nebeneinander (Abb. 19).

Die Anordnung der Pseudocellen auf dem Kopf und auf den Tergiten ist die folgende: 32/133/33343. Die Anordnung der Pseudocellen, sowie die Chaetotaxie des Thorax und Abdomen ist auf Abb. 17 und 18 veranschaulicht. Abgesehen von einigen asymmetrischen Fällen ist die Anordnung der Pseudocellen bei den untersuchten Tieren konstant. Folgenden Asymmetrien konnte begegnet werden: es fehlte auf dem Tergit des 2. und 3. Thorax die hintere Pseudocelle, dem 4. Abdomensegment fehlte die hintere laterale Pseudocelle, auf der vorderen Hälfte des Segmentes aber erschien lateral zusätzlich noch eine Pseudocelle.

Die Zahl der subcoxalen Pseudocellen beträgt 1–1. Auf dem Kopf unten befindet sich je eine, auf der ventralen Seite des Abdomensegmentes 1–4 ist ebenfalls je eine Pseudocelle vorhanden.

Die Männchen besitzen kein Bauchorgan. Die Chaetotaxie der Geschlechtsöffnung des Männchens ist auf Abbildung 22 dargestellt.

Die Klauen der Füße sind ziemlich untersetzt (Abb. 21), und besitzen zwei kurze proximal-laterale Nebenzähne. Der innere Rand ist zahnlos. Empodialanhang am Grunde wenig verdickt, ohne Basallamelle. Die Länge des Empodialanhanges stimmt mit der Länge der Klaue überein.

Meiner Meinung nach stimmen meine Exemplare keineswegs mit der von DENIS beschriebenen Art „*fimetarius*“ überein, sind aber in die von STACH (24) umgrenzte „*fimetarius*“-Gruppe einzureihen.

Abb. 4–11. *Hypogastrura (Ceratophysella) cavicola* (BÖRN.) 4 = Augen und Postantennalorgan; 5 = Postantennalorgan; 6 = Klaue III; 7 = Dens und Mucro; 8 = Ende der Ant. IV; 9 = Analdorn, Seitenansicht; 10 = Tenaculum, Seitenansicht; 11 = Chaetotaxie des Thorakaltergites III, und Abdominalsegmentes III–VI.

Abb. 12–16. *Hypogastrura (Ceratophysella) bengissoni* (AGR.) 12 = Ende der Ant. IV; 13 = Augen und Postantennalorgan; 14 = Dens und Mucro; 15 = Tenaculum, Seitenansicht; 16 = Klaue III. Abb. 17–18. *Onychiurus „fimetarius“* (Auct.) 17 = Chaetotaxie des Thorakaltergites I–III; 18 = Chaetotaxie des Abdominalsegmentes I–VI.

Abb. 19–22. *Onychiurus „fimetarius“* (Auct.) 19 = Postantennalorgan von der rechten Kopfseite und die Pseudocellen; 20 = Antennalorgan III; 21 = Klaue III; 22 = Genitanfeld eines Männchens.

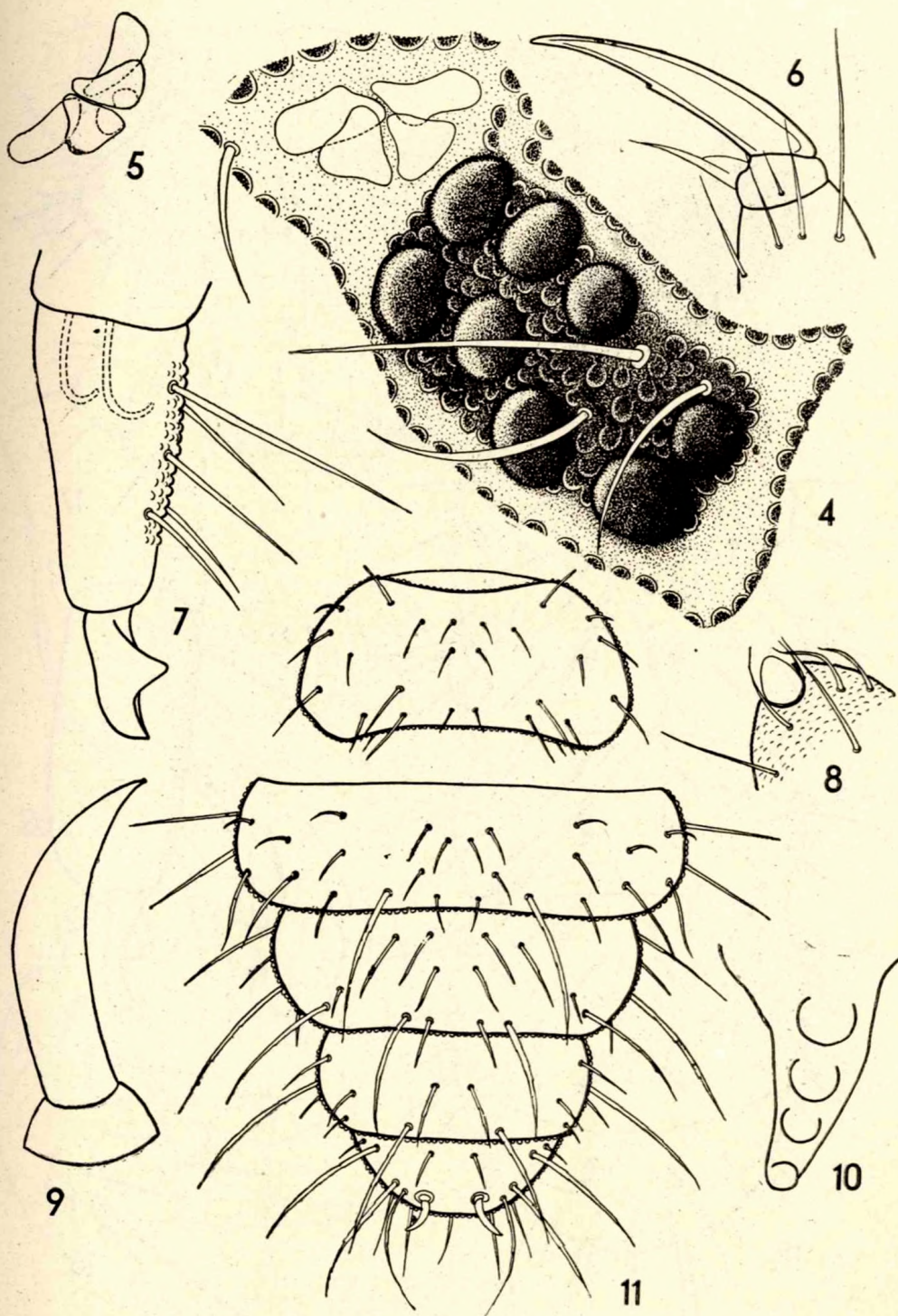


Abb. 4—11.

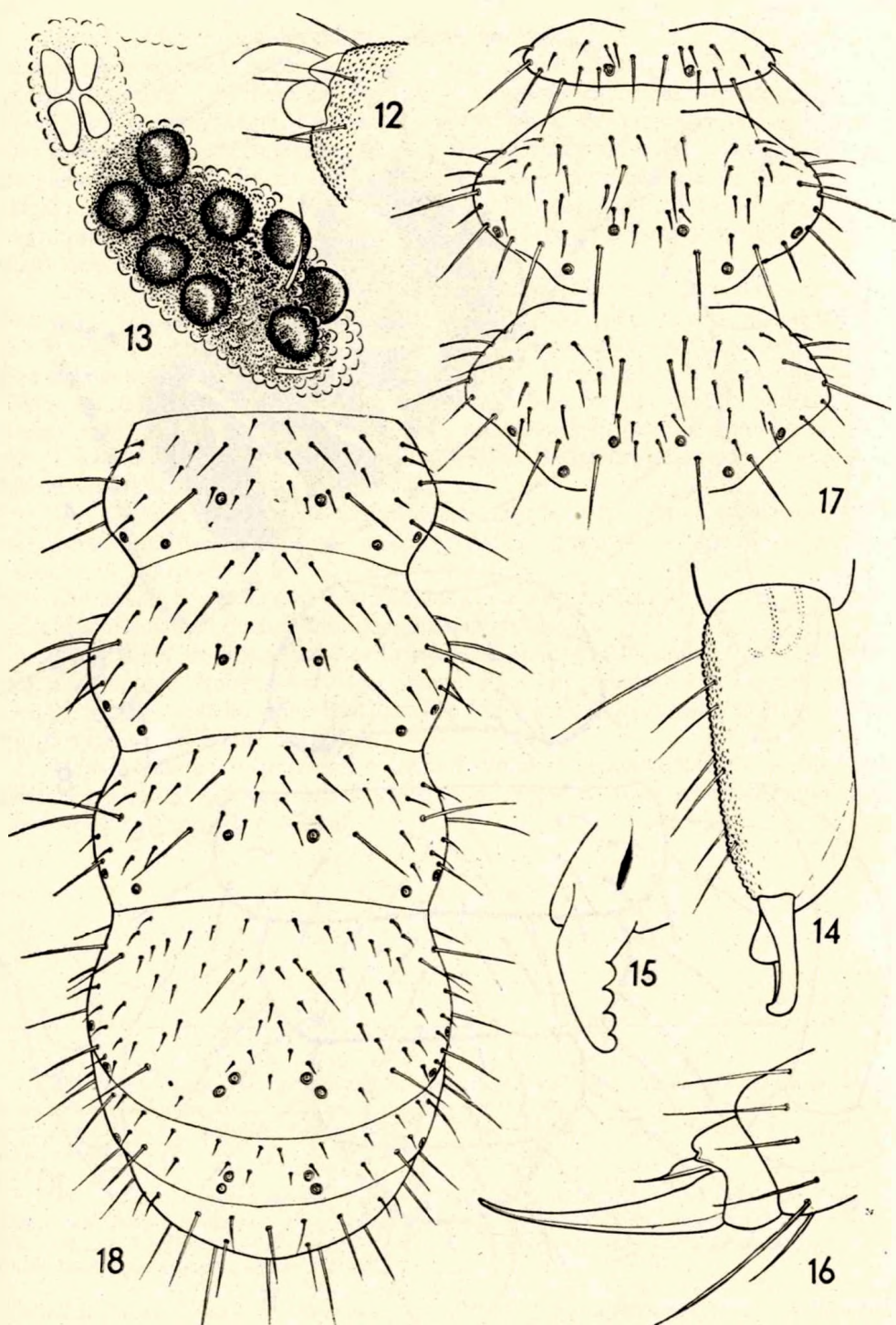


Abb. 12—18.

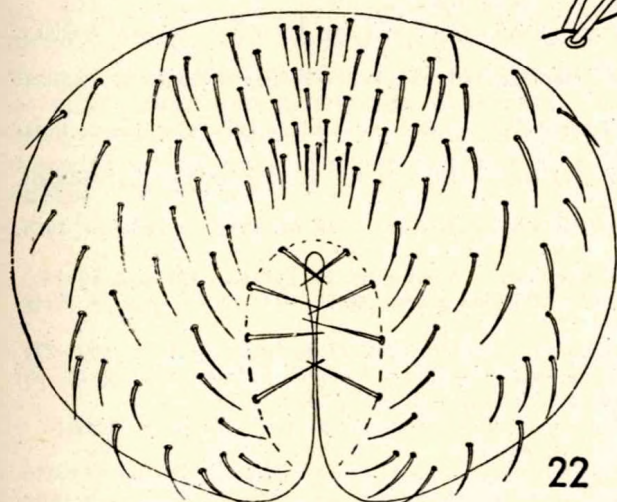
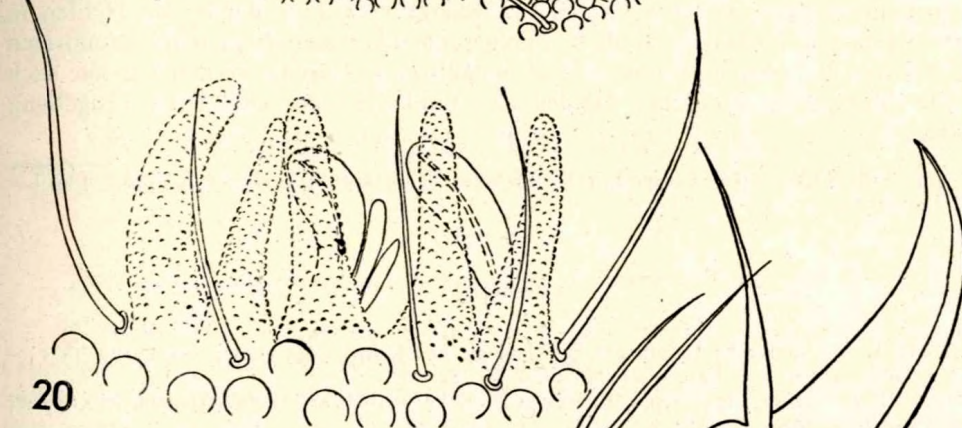
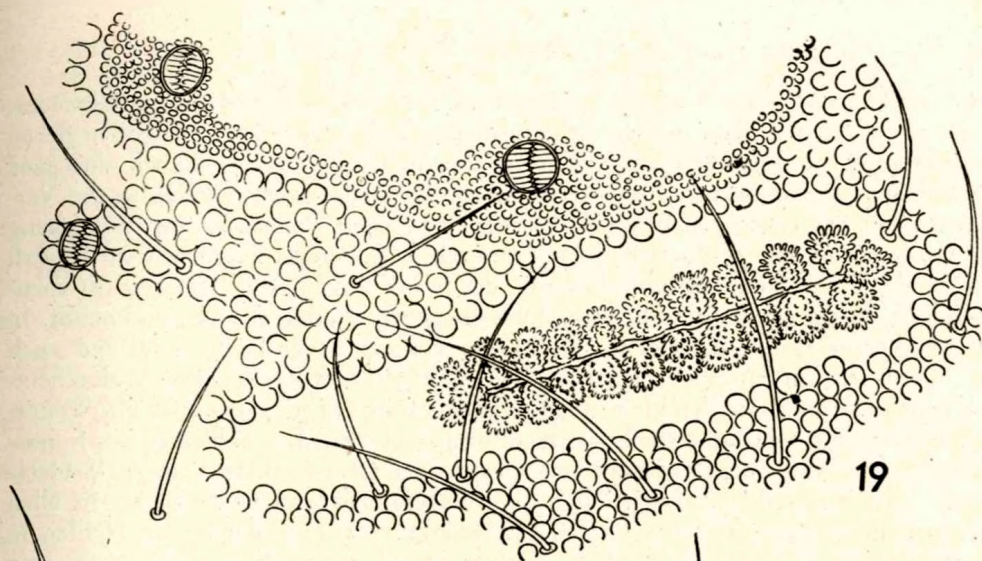


Abb. 19—22,

ZUSAMMENFASSUNG

Vergleichen wir die Tierwelt der István-, Forrás- und Szeleta-Höhle miteinander, so ist es zu ersehen, dass in den verhältnismässig nahe liegenden Grotten, in denen die messbaren ökologischen Verhältnisse so ziemlich gleich sind, dennoch eine ganz verschiedene Fauna anzutreffen ist. Der Grund dafür ist wahrscheinlich in der Verschiedenheit des Gesteines, bzw- in den verschiedenen Umständen der Entstehung der Grotten und dem geologischen Alter zu suchen. Besonders interessant ist der Fall des blinden Laufkäfers *Duvalius gebhardti*, der in der István-Höhle äusserst oft anzutreffen ist, in der Forrás- und Szeleta-Höhle hingegen überhaupt nicht vorkommt. In der Kecskelyuk-Höhle, die viel weiter entfernt von der István-Höhle liegt und auch im Oberpleistozän entstanden ist, konnte er hingegen erbeutet werden. Wahrscheinlich kann er sich auch in den kleinen Gesteinrissen fortbewegen, aber auch ein Weiterkommen auf der Bodenoberfläche ist nicht ausgeschlossen. Ein Fehlen in der Forrás-Höhle lässt sich mit dem andersartigem Gestein der Grotte erklären, in der Szeleta-Höhle entsprechen ihm wahrscheinlich die Temperaturschwankungen nicht. In allen beiden Fällen müssen jedoch auch die Ausbildungsverhältnisse der beiden Höhlen in Betracht gezogen werden. Zu ähnlichen Folgerungen können wir auch bei den übrigen troglobionten Elementen kommen. Eine endgültige Erklärung werden wir nur nach der Durchforschung sämtlicher Höhlen des Bükk-Gebirges und deren Umgebung erhalten.

(Anschrift des Verfassers: Budapest, VIII., Puskin-u. 3. Institut für Tiersystematik der Eötvös Loránd Universität)

Literatur

1. CRAMER, H.: Einige Beobachtungen zur Geologie und Morphologie ungarischer Karstgebiete. — Mitt. üb. Höhlen- und Karstforschung, 1929, pp. 81–91.
2. DUDICH E.: Az aggteleki cseppkőbarlang és környéke. — Népszerű Természettudományi Könyvtár 12, Budapest, 1932, pp. 186.
3. GISIN H.: Collembolenfauna Europas. — Genève, 1960, pp. 312.
4. HILLEBRAND J.: A Szeleta barlangot kitöltő rétegek geológiai koráról. — Földtani Közlöny, 41, Budapest, 1911, pp. 788–795.
5. KADIC O.: Paleolitos kőszközök a hátori Szeleta-barlangból. — Földtani Közlöny, 39, Budapest 1909, pp. 524–540.
6. KADIC O.: Az 1913. évben végzett barlangkutatóaim eredményei. — Barlangkutatás, 2, Budapest, 1914, pp. 185–191.
7. KADIC O.: A Szeleta-barlang kutatásairak eredményei. — M. Kir. Földtani Int. Évk. 23, Budapest, 1915, pp. 147–238.
8. KADIC, O.: Újabb adatok a hátori barlangok ismeretéhez. — Barlangkutatás, 3, Budapest, 1915, pp. 148–153.
9. KADIC O.: A hátori barlang Borsod megyében. — A természet, 17, Budapest, 1921, pp. 56–58.
10. KADIC O.: A lillafüredi barlangok idegenforgalmi jelentőségéről. — Turisták Lapja, 18, Budapest, 1931, pp. 252–255.
11. KADIC O.: A lillafüredi Szent-István-barlang. — A természet, 27, Budapest, 1931, pp. 269–274.
12. KESSLER H.: A lillafüredi Anna-barlang forrásai. — Hidrol. Közl. 33, Budapest, 1953, pp. 60–65.
13. KESSLER H. — MEGAY, G.: Lillafüred barlangjai. — Miskolc, 1955, p. 74.
14. KOLOSVÁRY G.: Recherches biologiques dans les grottes de pierre à chaux de la Hongrie. — Folia Zool. et Hydrobiol. 6, Riga, 1934, pp. 1–12.
15. LEÉL-ÖSSY S.: A magas Bükk geomorphológiája. — Földr. Ért. 4, Budapest, 1945, pp. 323–356.
16. LOKSA, I.: Ökologische und faunistische Untersuchungen in der Násznép-Höhle des Naszály-Berges. — (Biospeol. Hung. VI.). Opusc. Zool. 3, Budapest, 1959, pp. 63–80.

17. LOKSA, I.: Faunistisch-systematische und ökologische Untersuchungen in der Lóczy-Höhle bei Balatonfüred. — (Biospeol. Hung. XI). Anz. Univ. Sci. Bp. 3, Budapest, 1960. pp. 253–266.
18. LOKSA, I.: Zwei neue Diplopoden-Arten aus Ungarn. — Acta Zool. Ac. Sci. Hung. 6, 1960, Budapest, pp. 413–418.
19. LOKSA, I.: Eirige Nemastomatiden aus Ungarn. — Zool. Anz. (Im Druck)
20. NOSEK, J.: Apterygota z Československých půd. — The Apterygotes from Czechoslovakian Soils. I. Collembola: Poduridae. Zoologické Listy, Folia Zool. 9/23, Praha 1960. pp. 353–388.
21. SCHRETER, Z.: Die geologischen Verhältnisse des Bükk-Gebirges. — Karszt- és Barlangkutatás 1, 1959, Budapest 1960. pp. 7–36.
22. SEBŐS, K.: A lillafüredi Szent István-cseppkőbarlang. — Turist. és Alpin. 21, Budapest, 1931, pp. 230–232.
23. STACH, J.: Verzeichnis der Apterygogenea Ungarns. — Ann. Mus. Nat. Hung. 26, Budapest, 1928, pp. 269–312.
24. STACH, J.: Die in der Hettler Europas vorkommenden Arten der Gattung Onychiurus Gervais. — Ann. Mus. Zool. Polonici, 10, Krakow, 1934, pp. 11–222.
25. STACH, J.: The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Family: Onychiuridae. — Acta Monogr. Mus. Hist. Nat. 5, Kraków, 1954, p. 219.
26. STACH, J.: The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Families: Neogasturidae and Brachystomellidae. — Acta Monogr. Mus. Hist. Nat. 2, Kraków, 1949, p. 341.
27. SZALAY, L.: Beiträge zur Kenntnis der Myriopoden-Fauna der Kecské- und Szent-István-Höhle. — Fragm. Faun. Hung. 3, Budapest, 1940. pp. 7–9.

О НАЗЕМНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ПЕЩЕРАХ ИМ. ИШТВАН, ФОРРАШ, СЕЛЕТА В С. ЛИЛЛАФЮРЕД

А. ЛОКША

Институт Зоосистематики Университета им. Лоранда Этвеша, Будапешт

В 1958—1959 гг. автор проводил фаунистические-экологические исследования в трех пещерах с. Лиллафюред, вблизи г. Мишкольц. Для сбора фауны наземных членистоногих автор применял модифицированные ловушки Барбера с этиленгликолем, причем определение температуры и паронасыщенности производилось респирационным гигрометром системы Ассманна. Экологические условия пещер, в том числе температура и паронасыщенность, а также относительное количественное распределение найденных в пещерах членистоногих показывается на таблицах, помещенных в тексте. После описания фауны всех трех пещер автором приводятся систематические и фаунистические замечания к некоторым видам *Collembola*.

THE
MUSEUM
OF
THE
SMITHSONIAN INSTITUTION
WASHINGTON, D. C.

FOTOGRAMMETRIKUS MÓDSZER A BARLANGOK KERESZTSZELVÉNYEZÉSÉRE

MAUCHA LÁSZLÓ és TÓTH JÓZSEF

Készült az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének
Jósvafői Kutatóállomásán

I. A PROBLÉMA FELVETÉSE

Régi probléma megoldására vállalkoztunk e módszer kidolgozásakor. Napjainkig a szpeleometria (barlangméréstan) nem ismert egzakt és viszonylag gyors eljárást a barlangok kereszt-szelvényezésére. Pedig alapvetően fontos feladat ez nemcsak szpeleometriai, hanem általában szpeleológiai (barlangtani) szempontból is. A barlangüregek térbeli kiterjedésének pontos ábrázolása ugyanis nem végezhető el részletes kereszt-szelvényezés nélkül. Valóságos és valóban térbeli viszonyokat feltűntető barlangtérkép birtokában viszont nemcsak számszerű morfogenetikai vizsgálatokra nyílik lehetőség, hanem mindennemű térbeli megismerésen alapuló genetikai kutatásra is.

A múltban minden igényesebb barlangmérés során többek között felmerült az a kérdés, hogy milyen módon lehetne pontosan és gyorsan meghatározni a barlangi kereszt-szelvények kontúrpointjainak egymás közötti távolságát? E kérdés különösen a nagyobb függőleges kiterjedésű barlangüregek magasságának meghatározása terén látszott nehezen megoldhatónak.

A nagyobb függőleges kiterjedésű barlangi szelvények magasságát kezdetben csak léggömbök segítségével tudták pontosan meghatározni (1). Ez a módszer azonban elég nehézkesnek bizonyult és csak kedvező mérési körülmények között volt gazdaságos.

Hazánkban a harmincas években KESSLER H. a Baradla felmérése során már trigonometrikus elv alapján működő saját készítésű optikai berendezéssel oldja meg ugyanezt a feladatot. Eszköze lényegében meghatározott hosszúságú bázisléc volt, amelynek egyik végére merőlegesen rögzített, másik végére pedig szögmérő mentén elforgatható kollimátor (közel párhuzamos sugárnyaláb létrehozására alkalmas fényvetítő) volt szerelve. E berendezéssel az alábbi módon lehetett meghatározni az egyébként hozzáférhetetlen mennyezeti pontok műszer feletti magasságát: A bázisléccel úgy kellett felállni, hogy vízszintezése után a rögzített kollimátor függőleges sugárnyalábja a mérendő mennyezeti pontra irányuljon. Ezt követően a forgatható kollimátor fénypontját egyeztetni kellett a merőleges vetítő által a mennyezeten létrehozott fénypont-

tal (koincidencia). Ezután a leolvasott szög függvényében az így előállított derékszögű háromszög ismert adataiból lehetett kiszámítani a függőleges befogó hosszát, vagyis a keresett magasság értékét.

A múltban – mint ismeretes – gyakran mértek fel keresztiszelvényeket is barlang-mérések során. Ezt a műveletet általában úgy végezték, hogy megmérték a felvett szelvények kontúrvonalában néhány jellegzetes és hozzáférhető pontnak egymásközötti távolságát, majd interpolálás segítségével és helyszíni szemle alapján megrajzolták a szelvény alakját. A fenti módon azonban csak nagyjából lehetett alak- és mérethelyes szelvényrajzokat készíteni. KESSLER H. (5) a Baradlában morfogenetikai vizsgálataihoz olyan szelvénymérésre alkalmas mérőállványt is szerkesztett, amelyen tologatható és rögzíthető mérőlécek segítségével határozta meg az egyes szelvénykontúrponthoz közötti távolságot. Hazánkban ő volt az első, aki ilyen módon megbízhatóan pontos, alak- és mérethű keresztiszelvény-rajzokat készített. Mindez azonban nagyon hosszantartó és körülményes munkába került.

A második világháború után a magyar barlangkutatás nagymérvű fejlődése következtében több új barlangrendszer feltárására került sor. Az újonnan megismert barlangrendszerek felmérése során érthető módon egyre több új elvi és gyakorlati szpeleometriai kérdés került előtérbe. Így pl. az elmúlt években felmerült az a probléma, hogyan lehetne elkészíteni a barlangüregeknek – az alaprajzi kiterjedést egyedül a valóságnak megfelelően tükröző – vetületi alaprajzát, vagyis vízszintes síkra vonatkozó ortogonális vetületét? Újból felvetődött ezenkívül az a régi probléma, hogy milyen módon lehetne gyors módszerrel nagyobb kiterjedésű szelvények magasságát megmérni, és e mérések alapján függőleges síkra vetített pontos hosszvetületeket szerkeszteni? Felmerült az igénye annak is, hogy szintvonalas térképet készíthessünk barlangjaink talajának domborzatáról. Végül – nem utolsósorban morfogenetikai problémák megoldása miatt is – igen nagy hiányát éreztük olyan viszonylag gyors módszernek, amelynek segítségével folytonos vonalú, részleteiben is megbízhatóan pontos, méret- és alakhű keresztiszelvényeket lehetne felvenni barlangjainkban.

Ez a legutóbb említett igény a többi között a leglényegesebbnek mutatkozott. Bebizonyosodott ugyanis, hogy amennyiben találunk alkalmas, a fenti igényeket kielégítő módszert a barlangok keresztiszelvényezésére, akkor nemcsak a keresztiszelvényezés, hanem egyszersmind az összes többi felmerült kérdés is megoldást nyerne. Mindez könnyen belátható, hiszen elvileg bármilyen tekervényes, illetve bármilyen bonyolult határfelületű barlangüreg, ill. üregrendszer kiterjedésének minden geometriai adata tetszőleges pontossággal meghatározható csupán az egymáshoz kapcsolt hossz-mérés és keresztiszelvényezés adataiból is, amennyiben a fenti két mérési művelet elvégzésekor csak megfelelően csekély hibát követünk el, és ha a felvett keresztiszelvények számát – egyenletes hosszmeneti eloszlásban – egy bizonyos határértékig növeljük.

II. A PROBLÉMA ELVI MEGOLDÁSA

Hasonló jellegű kérdések külföldön már 1913 óta felmerültek, de túlnyomórészt nem barlang-, hanem bányamérés terén. A legutóbbi tíz évben pedig különösen bányatárók és alagutak építési hibáinak kimutatására, valamint e létesítmények falburkolatában jelentkező utólagos elmozdulások meghatározására több különböző keresztiszelvényező eljárás kidolgozására is sor került a világ több pontján.

Az osztrák F. KOPPENWALLNER szerint (7) ZAAR volt e problémakör megoldásának első úttörője, aki 1913-ban fotogrammetrikus testmérés lehetőségeire hívja fel a figyelmet (16). KARL KILLIAN mérnök Ausztriában az „Obstanser Eishöhle“-ben már 1934-ben sztereofotogrammetrikus keresztiszelvény felvételeket készít, horgászbot végére erősített fénypont segítségével (6, 13). Később a bányatárók szelvényezésére egyes szerzők több különböző mechanikus módszert is javasoltak (pl. pantográf alkalmazása stb.). Fejlettebb módszert ajánl 1951-ben NOTTARP (11), aki a mechanikus kitapintás helyett ultrahangot alkalmaz e célra. Optikai, de nem fotogrammetrikus eljárást vezet be RINNER, aki csakúgy, mint nálunk KESSLER H., a felvenni kívánt kontúrvonalat két fénypont egyeztetése alapján tapintja ki. Ő azonban már korszerűbb módszerrel dolgozott, mert az irányító mozgásokat rajzoló műszerre vitte át.

A legutóbbi időben (1954) ZANOSKAR és CZUBER (17) vetik fel ismét a fotogrammetrikus szelvényezés lehetőségét, és K. KILLIAN-hoz hasonlóan ők is a sztereoszkopikus eljárást találták alkalmasnak e célra. F. KOPPENWALLNER szerint azonban ez a megoldás nem tökéletes, mert így az egy szelvényről nyert két kép pontossága nem megegyező, ugyanekkor e módszerrel különösen hátrányos a kiugró falrészek okozta takarás. Ezért az elsőnek ZAAR, majd LACHMANN (8) által felvetett ún. „fénymetszet” eljárás került a megoldás-keresés homlokterébe.

1954-ben HUBENY (3,4) épít először olyan műszert, amelynek segítségével lehetővé válik a tároszelvények fotogrammetrikus felvétele. Az általa alkalmazott fénymetszet-eljárás lényege a következő: Alkalmas vetítővel (projektor) 1–2 cm vastag sávban a kívánt függőleges sík mentén körkörösén és azonos pillanatban megvilágítjuk a táró falát. Az így nyert kontúrvonalat a szelvény síkkal párhuzamos lemezállás mellett lefényképezzük. A kép javítása és megadott méretre hozása után megadja a felvenni kívánt szelvény rajzát.

Ugyancsak 1954-ben STRASSER (12) számol be egy ausztráliai műszerről, majd 1958-ban a francia GILBERT (2) közöl adatokat egy „fotoprofil” nevű műszerről.

F. KOPPENWALLNER 1959-ben részletesen ismerteti az ugyancsak fénymetszet-eljáráson alapuló módszerét, ill. műszerét. Az általa tervezett berendezés lényege a következő: A kamara és vetítő mereven egymáshoz vannak kapcsolva. A vetítő karikagyűrűhöz hasonló ún. „torikus körlencse” segítségével világítja meg a szelvény kontúrvonalát. A kamara kisméretű, Zeiss Contax gyártmányú, amely Zeiss-Biogen nagylátószögű objektívvel van felszerelve. Az objektív gyújtótávolsága a szerző szerint $f = 21 \text{ mm}$ (?). A használt film nagy érzékenységgű (Ilford HP 3). A megvilágítási idő átlag 1–2 másodperc. Az üzemkész műszer összsúlya 130 kg, átlagosnál nagyobb szelvények felvételéhez szükséges teljes kiépítés után 170 kg. A berendezést ún. plato-kocsival vágányon szállítják. Óránként 36–40 felvételt tudnak készíteni átlagosan. A képszög 50 %-os kihasználása mellett a szelvényterjedelem 90–95 %-ban rögzíthető. 3 %-os pontosságot értek el a kontúrpontok közötti távolságok meghatározásánál. Az eljárás nehézsége a felvételek kiértékelésében rejlik, mivel sok ellenőrző mérést kell végezni és utólagos javítást is kell alkalmazni. A módszer nagyrészt még kísérleti állapotban van. Többek között nem találtak még kielégítő megoldást a felvételek számozására.

Az ötlet részünkről 1957-ben a mellékelt fénykép nyomán merült fel (1. ábra), amely 1955-ben a jósvalfői Vass Imre-barlangban készült. A képen ugyanis a csak háttérből való megvilágítás okozta kontraszthatás miatt – mint látható – szépen kirajzolódik a barlangfolyosó előtérben lévő szelvénye.

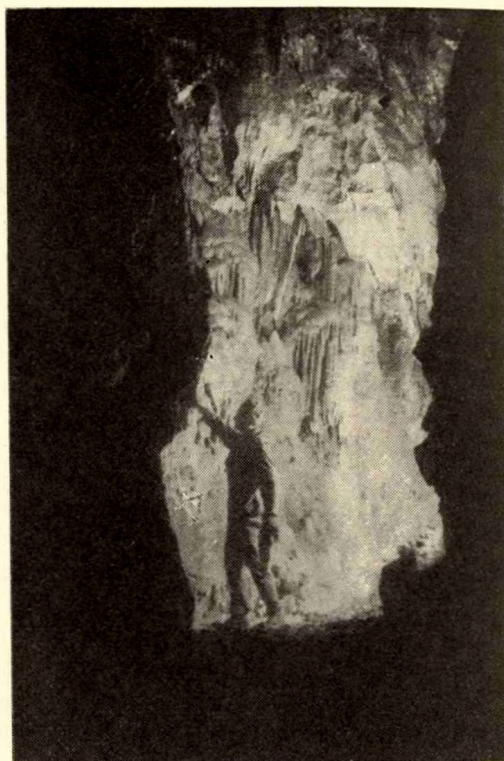
1957-ben a bevezetőben tárgyalt célok elérésének érdekében az alábbiakban határoztuk meg a barlangi fotogrammetrikus kereszt-szelvényezés alapelvét:

A felvenni kívánt kereszt-szelvény síkjában valamilyen alkalmas módon megvilágítjuk e síknak és a barlang-üreg torz határfelületének metszsvonalát, vagyis a szelvény kontúrvonalát. A szelvénykép méretjelzése és vízszintes, ill. függőleges irányhoz való tájolása (orientáció) céljából a fenti irányok egyikével párhuzamosan két fénypontot (mérési alappontokat) helyezünk el a szelvény síkjában. Ugyanakkor a hossz-méréshez kapcsolható céljából még egy fényponttal megvilágítjuk a hossz-mérési poligon (szög-vonal), és a szelvénytől alkotott dőléspontot is. Az ilyen módon nyert folytonos és önmagába visszatérő kontúrvonalat, alappontokat és dőléspontot a szelvénytől párhuzamos síkban álló fényérzékeny lemezre lefényképezve, méreteiben ismert, tájolható és hossz-méréshez kapcsolható képét nyerjük a kereszt-szelvénynek. Láthatjuk tehát, hogy eredeti elgondolásunk elve lényegében megegyezik a külföldön fény-metszet-eljárásnak nevezett módszer elvével.

Módszerünk egyes részleteiben azonban nemcsak kezdetben tért el a külföldön kidolgozott hasonló eljárásoktól, hanem az irodalom felhasználása után is maradtak bizonyos alapvető eltérések. Ennek oka természetesen abban rejlik, hogy olyan módszert igyekeztünk kialakítani, amely lehetőleg minden tekintetben figyelembe veszi a speciális barlangi körülményeket.

Módszerünk a F. KOPPENWALLNER-féle legfejlettebb külföldi hasonló bányászati módszertől alapvetően az alábbi 6 szempontból tér el, illetve nyújt újat:

1. a megvilágítás kivitelezésében,
2. a megvilágító egység és a kamara kapcsolatában,
3. a szelvénytől és a fényérzékeny lemez párhuzamosításának módjában,
4. a felvételi műszerek súlyát tekintve,
5. a felvételek számozásának kérdésében,
6. a felvételek kidolgozásának módszerében.



1. ábra. Részlet a jószaói Vass Imre-barlang főágából (HOLLY SÁNDOR felv.). Ennek a fényképnek alapján merült fel a fotogrammetrikus kereszt-szelvényezés gondolata.

Fig. 1. A section of the major branch of the Vass Imre Cave in Jószaó (Photo by SÁNDOR HOLLY). On the basis of this photograph the suggestion of a photogrammetric method of surveying cross sections has occurred.

III. A MÓDSZER KIALAKULÁSA

1957-ben a következőkben határoztuk meg a már ismertetett elv alapján álló barlangi keresztaszelvényező módszer kialakításának irányelveit:

A) A módszer pontossága legalább olyan legyen, hogy a szelvény kontúrpontjai közötti távolság meghatározásakor az elkövetett hiba lehetőleg ne legyen nagyobb, mint a meghatározni kívánt érték 1 %-a.

Véleményünk szerint ugyanis barlanggenetikai vizsgálatok céljaira ez a pontosság bőven elegendő, mert a szelvények alakját, ill. méretét meghatározó földtani adottságokat (pl. a kőzetjellemzők együttes megváltozását a hely függvényében) nem lehet olyan érzékeny módon számbavenni, hogy nagyobb pontosságú szelvénytérképezésre kelljen igényt tartani.

Szpeleometriai szempontból pedig – mint később látni fogjuk (VI. fejezet) – ez a pontosság gyakorlatilag szintén elegendőnek mutatkozott.

B) A keresztaszelvények felvétele a lehető leggyorsabban történjék még akkor is, ha ez a kidolgozási idő rovására megy.

Mint ismeretes, a barlangüregek kiterjedése rendkívül változatos, ezért 100 %-os felvételek készítése (amelyen a szelvény kontúrvonalának minden egyes pontja látható) általában több időbe telik, mint a többé-kevésbé szabályos alakú bányatárókban. A bányászatban külföldön alkalmazott módszerekhez hasonló abszolút felvételi gyorsaságról tehát itt szó sem lehet, csak viszonylagos gyorsaságra törekedhetünk. Ezért a módszer kialakításánál különös figyelmet fordítottunk arra, hogy a barlangi keresztaszelvények felvételénél a helyszínen csak a feltétlenül szükséges műveleteket kelljen elvégezni. Mindez szükségesnek mutatkozott azért is, mert – mint ismeretes – föld alatti munkáknál a kedvezőtlen körülmények miatt jóval kisebb a fizikai és a szellemi teljesítőképesség, mint a felszínen.

C) A módszerhez szükséges műszerek a lehető legegyszerűbbek, tehát viszonylag könnyen beszerezhetők legyenek. Fontosnak látszott, hogy ilyen gazdaságossági szempontokat is figyelembe vegyünk a módszer kialakításánál, hiszen csak így biztosítható az eljárás általános használhatósága.

1. A szelvénykontúr megvilágítása

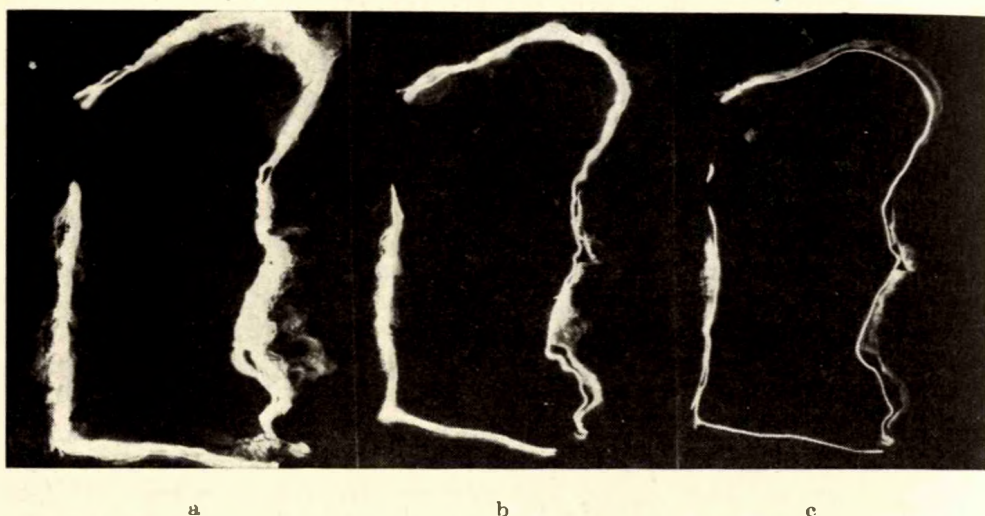
1957 őszén a barlangi keresztaszelvények kontúrvonalának megvilágítására több ötlet is merült fel.

A) Félter-megvilágítás a módszer kialakulásához ötletet adó fényképen látható megvilágításhoz hasonlóan (1. ábra).

B) A szelvény kontúrvonalának megvilágítása vetített fénycsík létrehozásával. (Fénymetszet készítése.)

C) A szelvénykontúr megrajzolása a valódi kontúrvonal letapogatásával, mozgatható fénypont segítségével.

Kezdetben a harmadik megoldás mutatkozott a legkönnyebben kivitelezhetőnek. Az első ilyen irányú kísérleteket 1958 márciusában a budapesti Mátyáshegyi-barlangban végeztük. A megvilágításhoz használt eszköz a következő alkatrészekből állt: szét-szedhető 6 m összhosszúságú bambuszrúd, csúcán drótkosárral védett 4,5 voltos zseblámpaizzó (megvilágító rúd). Az izzóval a megvilágítás e rúd szabadkézzel való mozgásával történt, szemmérték szerint közel a felvenni kívánt szelvény kontúrvonalára



2. ábra. Megvilágító rúddal készített kísérleti szelvényképek a budapesti Mátyáshegyi-barlangból. („Vadvizek útja” SZÁYER KORNÉL felv.) A lénypont mozgatási sebessége: $a \approx 25$ cm/sec, $b \approx 50$ cm/sec, $c \approx 100$ cm/sec.

Fig. 2. Experimental pictures of cross sections from the Mátyáshegyi Cave in Budapest, made by means of an exposing bar. („Vadvizek-útja”. Photo by KORNÉL SZÁYER). Velocity of motion of the luminous point: $a \approx 25$ cm/sec, $b \approx 50$ cm/sec, $c \approx 100$ cm/sec.

mentén függőleges síkban haladva. A felvételeket szovjet gyártmányú „Zenit” kis-filmes fényképezőgéppel készítettük. Az objektív adatai: fényerősség = 1:3,5, gyújtótávolság = 50 mm, alkalmazott fényrekesz = 4,5 volt. A felvételeket 19/10 DIN-es magyar gyártmányú Forte filmre vettük fel. A fényképezőgépet a szelvény síkjától 6 m távolságban állványra rögzítve helyeztük el oly módon, hogy a fényérzékeny lemez síkja közel párhuzamos volt a felvenni kívánt szelvény síkjával. (1934-ben lényegében ugyanezt a megoldást alkalmazta K. KILLIAN is (6, 13). Erről azonban 1958-ban még nem volt tudomásunk.)

Az első felvételek közül bemutatunk három olyan szelvényképet (2a, b, c ábra), amelyek a módszer fejlődése szempontjából a legtanulságosabbnak mutatkoztak. E felvételeken – amelyek azonos helyen készültek – látható, hogy a fenti módon vázlatos barlangmérés céljaira kielégítő pontosságú szelvényrajz készíthető, ha a megvilágító rúddal elérhető a kontúr minden pontja, és ha az izzót kedvező és lehetőleg egyenletes sebességgel mozgatjuk.

A mellékelt felvételeknél a fénypont mozgatási sebessége a következő volt:

$$\begin{aligned} a &\approx 25 \text{ cm/sec} \\ b &\approx 50 \text{ cm/sec} \\ c &\approx 100 \text{ cm/sec} \end{aligned}$$

Adott esetben tehát a c felvételnél alkalmazott közel 100 cm/sec-os mozgatási sebesség bizonyult megfelelőnek.

Érdekes megfigyelni még az alábbiakat: a 2c felvételen jól látható a rajzolt kontúrvonal mellett az izzó által megvilágított sávban a szelvény valódi kontúrvonala is. E

megvilágítási mód tehát elvileg alkalmas lenne a szelvény szabatos megvilágítására, ha biztosítani lehetne a fénypont függőleges síkban való mozgását.

Egyébként már akkor kiütközött a módszer egyik – különösen barlangban jelentkező – fő hibaforrása, nevezetesen az, hogy a szelvények síkja és az objektív között belógó falrészecskék kimaradásokat okozhatnak a kontúrvonalban. A 2c felvétel esetében pl. a kontúrvonalnak 1,14 %-át takarta el a belógó szikla. E felvételnél tehát 98,86 %-os a rögzített szelvényterjedelem.

A továbbiakban kísérleteket végeztünk az első elképzelés szerinti féltér megvilágítás vizsgálatára is (3. ábra). A megvilágításhoz ebben az esetben magnéziumkeveréket alkalmaztunk. A villanókeveréket az oldalfalakra függesztett sík fémlap (bázislap) központjában a fényképezőgéppel ellentétes oldalon helyeztük el, és megközelítően a lap síkjában gyújtottuk meg. Látjuk azonban, hogy ez a megoldás – bár elvileg tökéletesíthető volna – csak részben ad éles kontúrokat, mert a szelvény alakja egyirányban erősen megnyúlt. Ilyen megvilágítási mód tehát csak közel körkeresztmetszetű járatokban lenne használható, központban elhelyezett fényforrással.

Szelvénymegvilágítás terén tehát az első kísérletek alapján az alábbiakat lehetett megállapítani: Egzakt szelvényfelvétel barlangban legcélszerűbben úgy készíthető, ha valamilyen alkalmas vetítőműszerrel megbízhatóan függőleges sík mentén a szükséges vastagságban megvilágítjuk a kontúrvonalat. Kitűnt ugyanis, hogy a megvilágító-rúddal nem érhető el, féltér-megvilágítással pedig nem világítható meg minden esetben kielégítő módon az egyirányban megnyúlt magasabb szelvények felső része.

Az időközben megkapott külföldi irodalom tanulmányozása során is meggyőződhattünk arról, hogy az utóbbi megoldás a legcélravezetőbb. Barlangi vonatkozásban azonban el kellett vetnünk F. KOPPENWALLNER által a bányatárók szelvényezésére alkalmazott és torikus körlencsével ellátott vetítő használatát annak ellenére, hogy az abszolút gyors megvilágítást tesz lehetővé. Ilyen vetítő ugyanis az alábbiak miatt nem alkalmas, illetve nem feltétlenül szükséges barlangi célokra:

A) A szóban forgó világító berendezés által vetített sáv élessége, fényerőssége és szélessége szabálytalan alakú szelvényben zavaróan változik. E berendezésen ugyanis az élesség, a fényerősség és a kontúrsáv szélessége nem változtatható (4. ábra).

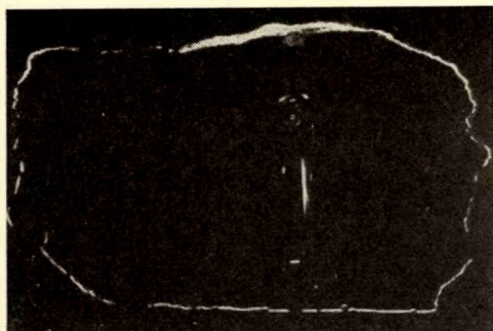
B) Torikus körlencse készítése költséges, tehát nehezen beszerezhető.

C) Torikus körlencsével történő 1–2 másodperces megvilágítás barlangi viszonylatban nem használható ki, tehát használata a barlangi szelvények felvételénél nem



3. ábra. Féltér-megvilágítással készített kísérleti szelvénykép a jósvafői Vass Imre-barlangból. (SZÁYER KORNÉL felv.)

Fig. 3. Experimental cross section picture made by half space exposing, Vass Imre Cave, Jósvafő (Photo by KORNÉL SZÁYER).



4. ábra. Körlencsés vetítővel készített kereszt-szelvénykép egyirányban megnyúlt lapos járatban. (F. KOPPENWALLNER felv.)

Fig. 4. Cross section picture made by means of a projector with circular lens in a flat gallery prolonged in one direction (Photo by F. KOPPENWALLNER).

feltétlenül szükséges. Barlangban ugyanis a felvételi műszerek beállítása általában hosszabb időt vesz igénybe, mint bányatárókban, ezért ilyen különleges optika használata is csak elhanyagolható mértékben növelné meg a felvételi műveletek sebességét.

A fentiek miatt felmerült tehát olyan egyszerű kontúrmegvilágító műszer készítésének gondolata, amely lényegében nem más, mint vízszintes tengely mentén, vagyis függőleges síkban elforgatható kollimátor. A kísérleti tapasztalatok szerint ilyen berendezés alkalmas a barlangi kereszt-szelvények kontúrvonalának szabatos megvilágítására, ha kielégíti az alábbi követelményeket:

A) A megvilágító berendezés állványra szerelhető legyen.

B) a) A kollimátor fekvő, illetve forgatási tengelyét kellő pontossággal lehessen vízszintesre állítani.

b) A fekvőtengely mentén a kollimátor legalább 360°-os terjedelemben elforgatható legyen.

C) a) A kollimátorral közel párhuzamos sugárnyalábot lehessen kivetíteni (minimális fényvesztés).

b) A kollimátor fényforrását közönséges zseblámpaelemmel lehessen üzemeltetni, ugyanakkor a berendezés legalább 20 m távolságban levő kontúrponthoz megvilágítására is alkalmas legyen.

c) A kollimátorral vetített fénysáv szélessége – adott közel párhuzamos sugárnyaláb mellett – közepes kontúrponthoz távolság esetén (10 m) kb. 1 cm-től 10 cm-ig változtatható legyen.

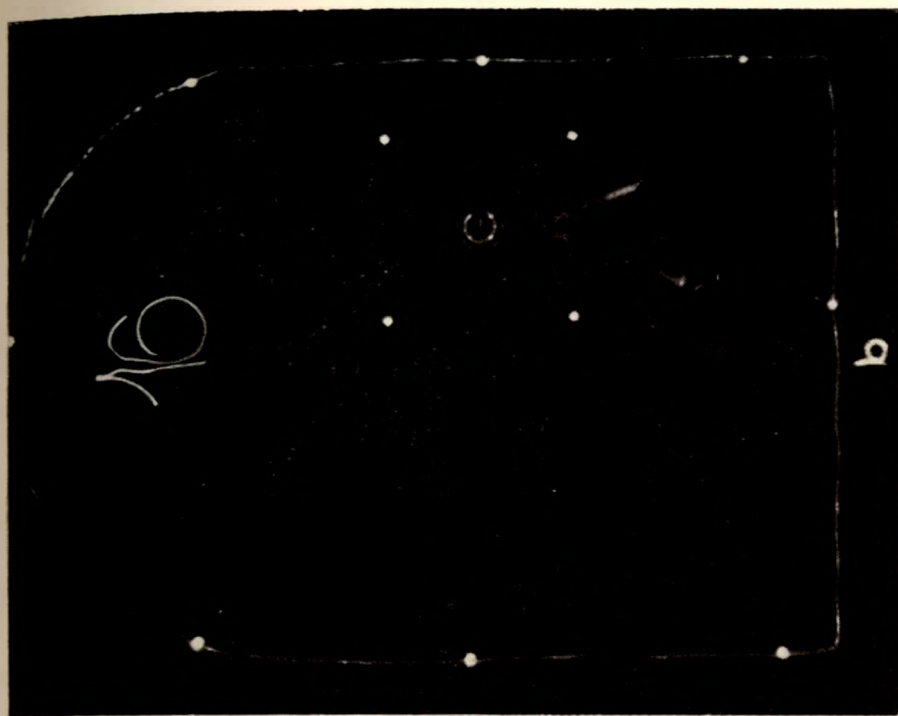
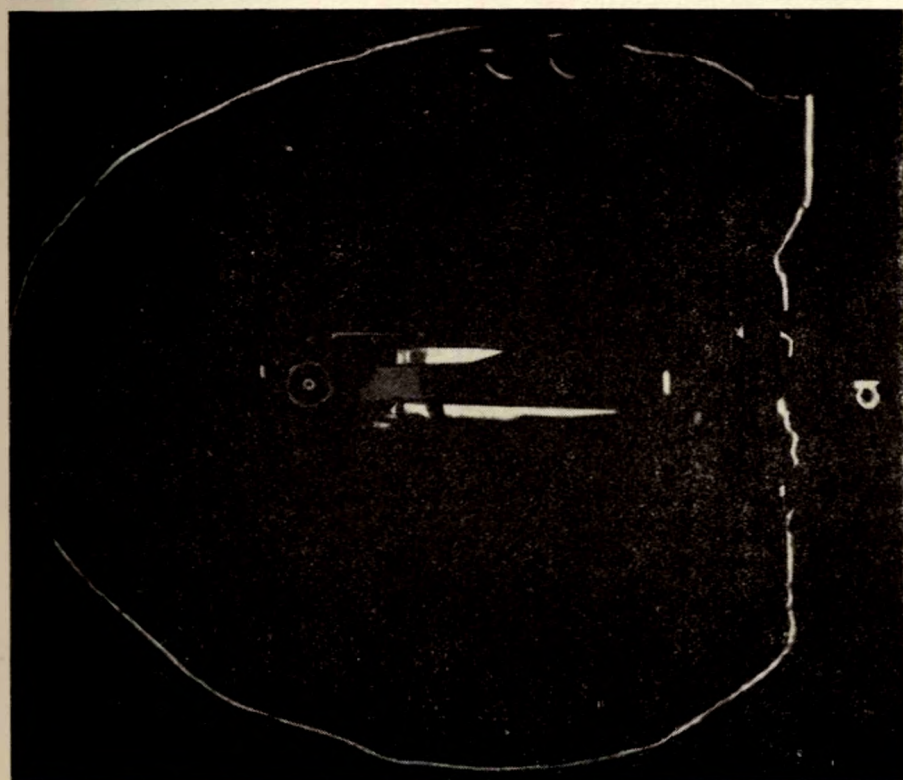
d) A kollimátorral létrehozott fénysáv élessége 1–20 m-ig állítható legyen.

A fenti követelményeket kielégítő műszer szerkesztése nyomán bebizonyosodott, hogy e berendezés előnye barlangi viszonylatban a F. KOPPENWALLNER-féle fényvetítő berendezéssel szemben a következő:

A) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor egyrészt a megvilágított pontok távolságának arányában a sáv fényességétől, másrészt a fal színétől és felületének érdességétől függő kontúrvonalmenti fényvisszaverődés-ingadozás pontról-pontra kompenzálható a forgatás sebességének megváltoztatásával.

B) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor a vetített fénysáv élessége a kontúrvonal teljes hosszában biztosítható a kondenzor-lencse állításával.

C) Ha forgatható kollimátorral világítjuk meg a szelvényt, akkor a fentiekén kívül a fénysáv szélessége is pontról-pontra változtatható. Erre elsősorban azért van szükség, hogy a kontúrvonal mentén a fénysávra való rálátás megfelelő szélességben minden szakaszon biztosítható legyen, még ott is, ahol egyébként az túlságosan ferde szögben, tehát csak igen kis szélességben látszik.



5. *abra.* Összehasonlítás körlepcsős vetítéssel (*a*) és fotoprofilográfia (*b*) készített szelvénykép között. *a*: F. KOPPENWALLNER felv., *b*: a budapesti Mátyáshegyi-barlang betonburkolatú bejárati tárójának szelvénye. A pontnégyszög oldalhossza 500 mm. A szelvénykép hibaszámítás céljából készült. A kontúrvonalon látható fénypontok az egymáshoz képest bemért pontok helyét jelölik. (CSICSÉLY ANDRÁS felv.)

Fig. 5. Comparison between a cross section picture (*a*) made through the means of a projector with circular lens and that (*b*) produced by means of photoprofilograph. *a*: Photo by F. KOPPENWALLNER, *b*: cross section of the pit portal cased in concrete, of the Mátyáshegyi Cave in Budapest. The length of side of the point quadrangle is 500 mm. The cross section picture has been made for the purpose of error calculation. The luminous points visible on the object-line indicate the sites of points located by measuring in relation to each other. (Photo by ANDRÁS CSICSÉLY).

E megvilágító berendezéssel készített felvétel és F. KOPPENWALLNER egyik tárószelvény felvételének összehasonlításából látható (5. a, b ábra), hogy a profilkontúr pontról-pontra való megvilágítása, azaz vetített fényponttal való körülrajzolása esetén is végeredményben éppen olyan szelvényrajz állítható elő a fényérzékeny lemezen, mint a minden pontot egy időpillanatban megvilágító torikus körlencsével vetítő berendezéssel. Mivel berendezésünkkel a fényérzékeny lemezen a szelvény alakját pontról-pontra rajzoljuk meg, ezért műszerünk a „fotoprofilográf” elnevezést nyerte. Berendezésünkkel valamely közepes méretű barlangi keresztzelvény kontúrvonalának megvilágítása gyakorlott kezelő által 1–2 perc alatt végezhető el. Ezzel a műszerrel, mint látjuk, bizonyos fokig finomabb vonalú felvételek készíthetők, mint KOPPENWALLNER műszerével, éppen azért, mert többek között a megvilágítás erőssége és a fénycsáv vastagsága is szabályozható a felvenni kívánt szelvény méreteinek és alakjának figyelembevételével, a megvilágítás előtt, sőt alatt is.

A továbbiakban látni fogjuk, hogy a fotoprofilográf kisebb kiegészítésekkel egyéb szükséges felvételi funkciók elvégzésére is alkalmasnak bizonyult. A műszer részletes leírását a IV. fejezetben tárgyaljuk.

2. A szelvény méreteinek jelölése

A keresztzelvény kontúrvonalának megvilágítása önmagában természetesen még nem elegendő ahhoz, hogy a fényképezés során nyert szelvényképen mérni is tudjunk. A felvételnél tehát gondoskodni kell a pontossági igényeknek megfelelően a méretek jelöléséről is.

Ismeretes, hogy a fénykép a lefényképezett tárgy centrális vetülete. A vetítés középpontja egybeesik az objektív optikai középpontjával, a vetítés képsíkja pedig maga a fényérzékeny lemez síkja. A fotoprofilográf kollimátora által a barlangüreg határfelületére vetített fénycsáv középvonalába eső pontok a módszertől megkívánt pontosság határán belül egy síkban levőknek tekinthetők. A fentiekből következik, hogy e pontok összessége, azaz a tulajdonképpeni kontúrgörbe által meghatározott függőleges keresztzelvény síkban lévő bármely két-két pont közötti távolság hányadosának értéke elvileg tökéletesen azonosnak tekinthető azzal a számmal, amely a szelvényről készített fényképen e pontok megfelelői között lemérhető távolságok viszonyításából adódik, amennyiben a fényérzékeny lemez síkja tökéletesen párhuzamos a felvenni kívánt szelvény síkjával. Ha tehát a felveendő szelvény síkjában valamilyen alkalmas módon ismert távolságban két fénypontot helyezünk el és ezeket a kontúrvonal képével együtt lefényképezzük, akkor a szelvényképen bármely két kontúrpontra közötti távolság értéke a módszertől megkívánt pontossággal meghatározható, ha 1 %-nál nem követünk el nagyobb hibát az alappontok síkba helyezésekor, a fényképezés végrehajtásakor, valamint a felvételek kidolgozása során.

Kezdetben – mint már említettük – két alapponttal gondoltuk megoldani a méretjelölést, mert két fénypontnak a szelvénytér síkjába való helyezése akkor még elegendőnek látszott ahhoz is, hogy a szelvényképen megjelölhessük a vízszintes, vagy függőleges irányt.

3. A szelvénykép tájolása

A felvételnél tehát a méreteken kívül meg kell jelölni a szelvény síkjában a vízszintes, ill. a függőleges irányt is, hogy ugyanezt a szelvényképen is megkapjuk. Barlangi viszonylatban ez alapvetően fontos feladat, hiszen a barlangüregek keresztmetszete elvileg bármilyen alakot felvehet. Enélkül sem a szelvényképek számszerű morfológiai kiértékelésére, sem pedig a barlangüregek vetületi alaprajzának, ill. függőleges hosszvetületének elkészítésére nem volna egyértelműen lehetőség.

Az első időszakban tehát felmerült az a gondolat, hogy az alappontok egyszersmind tájolásra is alkalmasak, ha azokat pl. függőn rögzítve helyezzük el a felveendő szelvény síkjában. Alappont-jelölésre kezdetben közönséges zseblámpaizzók alkalmazását vettük tervbe.

4. A szelvény és a fényérzékeny lemez síkjának párhuzamosítása

Az a tény, hogy a fényképezés során keletkezett kép centrális projekcióval (központos vetítéssel) jön létre, természetesen eleve szükségessé teszi esetünkben is a szelvény és a fényérzékeny lemez síkjának párhuzamosítását, amennyiben alak- és mérethű szelvényképre tartunk igényt.

A külföldi irodalom ismertetése során a fénymetszet-eljárással kapcsolatban már említettük, hogy a bányatárók szelvényezésére készült F. KOPPENWALLNER-féle jelenlegi legfejlettebb külföldi műszernél a vetítőberendezés mereven van rögzítve a fényképező kamarához. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy ilyen módon lehet gyors felvétel mellett (percenként 1 felvétel) kellő pontossággal biztosítani a felvétel során a szelvény és a fényérzékeny lemez párhuzamosságát. Mindez közel egyenes bányatáróknál, közel szabályos alakú (izometrikus) mesterséges földalatti járatszelvek esetében vágányokon mozgatható berendezéseknél a legegyszerűbb és gyakorlatban is minden nagyobb nehézség nélkül könnyen kivitelezhető megoldás. Ugyanakkor már a bevezető részben is rámutattunk arra, hogy módszerünk F. KOPPENWALLNER-étől többek között éppen a vetítő műszer és a fényképező kamara kapcsolatát tekintve tér el, illetve nyújt újat a föld alatti járatok fotogrammetrikus szelvényezése terén.

1957-ben módszerünk kialakulásának kezdetén – mint láttuk – eleve úgy készültek az első kísérleti felvételek, hogy a megvilágító egység és a fényképezőgép között semmiféle kapcsolatot nem létesítettünk. Emiatt kezdetben természetesen csak közelítőleg, szemmérték alapján végeztünk párhuzamosítást, de már akkor láttuk, hogy szabatos mérésről ilyen körülmények között szó sem lehet. A pontos párhuzamosítás problémája megoldásra várt, érdekes azonban, hogy akkor még csak véletlenül sem merült fel az a gondolat, hogy a megoldást a megvilágító egység és a fényképező kamara közötti merev kapcsolatban keressük. Ehelyett az első pillanattól fogva képátalakításban (transzformáció) láttuk a legkézenfekvőbb gyakorlati megoldás kulcsát.

Ma már természetes, hogy miért gondoltuk egyedül járhatónak ezt az utat. Az a tény ugyanis, hogy a barlangüregek hosszirányban általában elég tekervényesek és keresztirányban is maximális mértékben torz felülettel vannak körülhatárolva, ez – mint a kísérletek során bebizonyosodott – az alábbi szempontok miatt követeli meg a képátalakítási műveletek alkalmazását:

A) Fotogrammetrikus módszerrel 100 %-os szelvényfelvétellel barlangi viszonylatban általában nincs lehetőség, ha a vetítő és a kamara között merev kapcsolat van. Ilyen felvétel készítése még akkor sem remélhető, ha a szóbanforgó kapcsolat távolsága nagy intervallumban szabályozható.

B) Merev kapcsolat nélkül a szelvénytű és a fényérzékeny lemez síkjának pontos párhuzamosítását barlangi szelvényfelvétel során legfeljebb csak valamilyen alkalmas optikai módszerrel lehetne megfelelő gyorsasággal végrehajtani.

C) Barlangi körülmények között azonban nincs is szükség semmilyen párhuzamosító berendezésre, mert a kísérletek tanúsága szerint fénymetszet-eljárással 100 %-os szelvényfelvétel készítésére csakis akkor van remény, ha a kamarával – a szelvényre való legjobb rálátásnak megfelelően – tetszőleges helyen ill. helyzetben lehet felállni.

Az első szempont teljesen érthető, ha meggondoljuk, hogy a vetítő és a kamara közötti merev kapcsolat esetén állandóan változtatni kellene a két műszeregység közötti távolságot, hogy minden helyen biztosítani lehessen a rálátást a hosszúság függvényében általában erősen változó barlangi keresztiselvények egész területére. Mindez azonban nagy műszerközi távolság esetén sem lenne minden esetben célravezető, mert kis görbületi sugarú járatkanyarban ilyen felállásra általában nincs elegendő hely. Különben is barlangban rendkívül körülményes dolog nagyobb méretű berendezések szállítása, ill. mozgatása.

Lényegében a harmadik szempont is azzal indokolható, hogy barlangi körülmények között csakis abban az esetben alkalmazható szelvényezésre fotogrammetrikus módszer, ha minden úton arra törekszünk, hogy a felvenni kívánt szelvényre való rálátás lehetőségét növeljük. E probléma teljesebb megoldására még egyéb módokat is keresünk.

Ahhoz, hogy a fotogrammetrikus barlangi keresztiselvényezésben is felhasználhassuk a légi fotogrammetriában széleskörűen használt képátalakítás előnyeit, ki kellett dolgozni mind felvételi, mind pedig kidolgozási téren ennek kivitelezési módjait.

Ismeretes, hogy a képátalakítás a légi fotogrammetriában azért szükséges, mert a fényérzékeny lemez síkja és a felveendő terület mérési alapsíkja közötti párhuzamosítást a helyszínen igen körülményes lenne végrehajtani. Ezt a kidolgozás során képátalakítás segítségével végzik el, bár ebben az esetben a kidolgozás lesz lényegesen körülményesebb.

Szpeleofotogrammetriában (barlangi fényképmérés) a keresztiselvényezésnél az alábbiakban határoztuk meg a képátalakítási művelet elvét: A felveendő keresztiselvény síkjával nem párhuzamos fényérzékeny síklemezre felvett torzkép negatívjáról akkor készíthetünk alak- ill. mérethű szelvényképet a feldolgozás során, ha a felvételnél legalább három ismert relatív helyzetű fénypontot létesítünk a szelvénytűben. Ebben az esetben ugyanis a nagyítógép alatt a pozitív síklemeznek a felvételi szögviszonyoknak megfelelő módon való döntésével a szelvényalakokkal együtt perspektivikusan torzult alappont-viszony az eredeti állapotra állítható vissza. Ha pedig ez megvalósul, akkor a torz szelvénykép is alak-, ill. mérethelyessé válik.

A gyakorlatban a képátalakítási műveletek alapjául négy fénypont alkalmazását láttuk célszerűnek. A szükségesnél több, tehát fölös számú alappontra – az ellenőrzés lehetősége miatt – az alábbiak szerint volt szükség:

A) Négy fénypont használata esetén biztonságosabb a képátalakítás végrehajtása.

B) Ilyen körülmények között biztonságosabb a tájolás végrehajtása is, ha a felvételnél gondoskodunk a négyzet oldalainak vízszintes, ill. függőleges irányokkal való



6. ábra. A képzőalkítás (transzformáció) bemutatása. A felvételek a budapesti Mátyáshegyi-barlang „Színház-teremében” 500 mm-es pontmetszőszöggel készültek. a: a fényérzékeny-lemez síkjára kb. 30°-os szögrel zárt be a szelvény síkjával, b: a torzítástól (d) alakítás útján nyírt szelvénykép, c: a szelvény-síkkal párhuzamos lemezzalással az előbbitől azonos helyen készített fénykép (SZAYER KORNÉL felvétele).

Fig. 6. Demonstration of the transformation. The surveying has been carried out in the „Színház-terem” („Theatre room”) of the Mátyáshegyi Cave in Budapest using point quadrants of 500 mm. a: the plane of the sensitized plate and the plane of the cross section include an angle of about 30°, b: cross section picture obtained from the distorted picture by means of transformation, c: picture made in the same place as before by positioning the sensitized plate parallel to the plane of the cross section. (Photo by KORNÉL SZAYER.)

párhuzamosításáról, mert a képátalakításra szolgáló alappontok egyben tájolásra is alkalmasak (5. b. ábra).

C) Pontnégyyszög segítségével biztonságosabb a méretjelzés is, ha a négy fénypont a mért oldalhosszúságú négyzet sarokpontjain foglal helyet, mert a képátalakítási alappontok a fentiekén kívül méretjelzésre is használhatók (5. b. ábra). Meg kell jegyezni azonban, hogy ez esetben ilyen nagyfokú (hatszoros) biztonságra tulajdonképpen nincs is szükség.

Kezdetben az alappontok létrehozása olyan egyszerű fakeretre szerelt négy zseblámpaizzó segítségével történt, amelyet tájolva függesztettünk fel a szelvény síkjában. Később ugyanezt a feladatot összehajtható, tehát könnyebben hordozható fémlap alkalmazásával oldottuk meg, először az oldalfalakra, majd a vetítő állványára függesztve.

Jelenleg a mérési alappontok létrehozását egzakt módon a fotoprofilográf segítségével oldjuk meg. Az alappontok bevillantásának eszközével és végrehajtásával kapcsolatos kérdéseket a IV. és V. fejezetben tárgyaljuk.

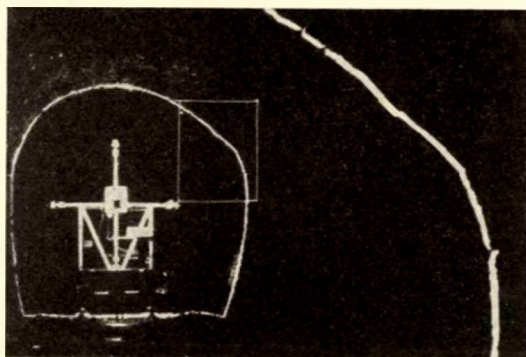
A torz felvételek átalakítása a kidolgozás során nagyítógéppel összeépített ún. „transzformáló-asztalon” történik. E berendezés működési elvét és a képátalakítás gyakorlati végrehajtását részletesen szintén a IV. és V. fejezetben írjuk le.

A mellékelt felvételeken (6. ábra) látható, hogy a képátalakítás során az erősen torz szelvényképből (6a. ábra) ismét alak- és mérethelyessé alakított szelvénykép (6b. ábra) legalább 1%-os pontossággal megegyezik azzal a szelvényképpel, amelyet a szelvénytáblával párhuzamos állású fényérzékeny lemezzel készítettünk (6c. ábra). Ebből következik, hogy a szelvénytábla és a fényérzékeny lemez képátalakítás útján történő párhuzamosítása tudatosan egyszerű eszközökkel is kellő pontossággal elvégezhető, még akkor is, ha a szelvénytábla és a fényérzékeny lemez síkja a felvétel során viszonylag nagy, de legfeljebb 45° -os szöget zár be egymással.

Az irodalomból kitűnik, hogy lényegében F. KOPPENWALLNER tárószelvényezési módszerében is szerepel a képátalakítás. A szerző cikkében ugyanis utal arra, hogy a felvételek utólagos javításánál a kidolgozás során szükség van bizonyos pontnégyyszögre, amelyet a felvételkor kell a szelvény síkjában elhelyezni (7. ábra). Szpeleofotogrammetriában azonban a képátalakításra nemcsak egyszerűen javítás miatt van szükség, hanem ez nálunk olyan alapvető feladat, amely nélkül gyakorlatilag egyáltalán nem is lehetne megoldani a barlangok keresztszelvényeinek részletes és rendszeres fotogrammetrikus felvételét.

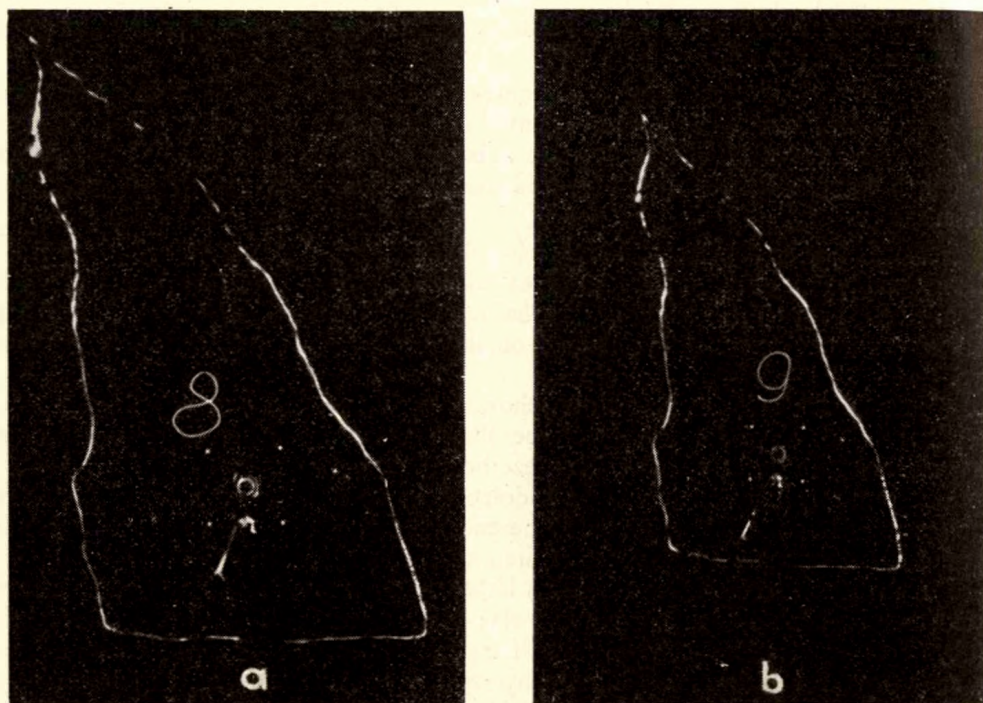
5. A szelvényre való rálátás biztosítása

A fentiek során láttuk, hogy barlangi viszonylatban fotogrammetrikus keresztszelvény felvételénél egye-



7. ábra. F. KOPPENWALLNER felvétele az általa készített műszer pontnégyyszöggelölő berendezéséről. A jobb oldalon látható fénycsík a kontúrvonal bekeretezett részét nagyítva mutatja.

Fig. 7. F. KOPPENWALLNER's photo of the point quadratic marker of his self-made instrument. The light band visible on the right side of the picture represents in enlarged form the framed part of the object-line.



8. ábra. Összehasonlítás a normál és a nagylátószögű objektívvel készített szelvényképek között. A szelvényképek a jósvalói Vass Imre-barlang „Háromszög”-folyosójában azonos helyen és azonos távolságból készültek. A pontnégyyszög oldalhossza 500 mm. (CSER FERENC felv.) *a*: normál objektívvel ($f = 50$ mm) leképezett szelvény, *b*: nagylátószögű objektívvel ($f = 35$ mm) leképezett szelvény

Fig. 8. Comparison between cross section pictures made by using normal, respectively large aperture angles of the objective lens. The cross section pictures have been made in the „Háromszög” (Triangle) gallery of the Vass Imre Cave, at the same place and from the same distance. The length of side of the point quadratic is 500 mm. (Photo by FERENC CSER). *a*: cross section photographed by using normal objective ($f = 50$ mm), *b*: cross section photographed by using large aperture angle of the objective ($f = 35$ mm).

lőre még nem a gyorsaságon van a hangsúly, hanem azon, hogy egyáltalán lehetőség legyen barlangi szelvények felvételére. Ezért volt szükség többek között a képátalakítási műveletek alkalmazására is. A képátalakítás azonban önmagában még nem elégséges ahhoz, hogy minden esetben használható legyen módszerünk, annál is inkább, mert túlzottan ferdeszögű (45° -nál nagyobb) felvétel esetén a megkívánt 1% -os pontosság elérése gyakorlatilag már bizonyos nehézségekbe ütközik.

Az 1959. évi kísérletek nyomán a szelvényre való rálátás növelésére a képátalakítás adta lehetőségeken kívül még két út bizonyult megfelelőnek:

- A) nagylátószögű objektív alkalmazása,
- B) részletekben való szelvényfelvétel.

Az első lehetőség esetében bebizonyosodott, hogy 35 mm-es gyújtótávolságú, nagylátószögű objektív használata mellett azonos távolságból kb. másfélszer nagyobb terjedelmű szelvényeket lehet felvenni, mint 50 mm-es gyújtótávolságú normál len-

csével (8. ábra). Ennél nagyobb látésszögű optika azonban – a gyakran jelentős méretű barlangi szelvények felvételénél – disztorzióból eredő elrajzolások miatt még akkor sem látszott biztonságosan alkalmasnak, ha a kidolgozásnál is a felvételnél használt objektívet használjuk (VI. fejezet).

A szelvényterületre való rálátási nehézségek véglegesnek mondható megoldása azonban csak a részletekben való szelvényfelvétel gondolatának kidolgozása nyomán valósult meg. Felmerült ugyanis az a gondolat, hogy amennyiben a megengedhető legferdebb szögben álló fényérzékeny lemezállás és nagylátószögű objektív használata esetén sem lehet rálátni valamely szelvényre, akkor a felvétel részletekben is történhet, ha megfelelő illesztőpontok állnak rendelkezésünkre.

Az illesztőpontok biztosítása már nem jelentett külön problémát, hiszen nyilvánvaló, hogy a pontnégyszög – használata negyedik funkciójaként – részletképek összeillesztésére is biztonságosan alkalmas.

A részletekben való szelvényfelvétel elvét az alábbiakban rögzítjük: A felvenni kívánt, de egy pontról teljes terjedelemben nem látható szelvény síkjának környezetében a fényképezőgéppel annyi helyzetben, ill. helyen állunk fel, amely állások összességéről készített felvételek külön-külön a minden egyes részletfelvételnél azonos helyen bevillantott pontnégyszöget, együttesen pedig a felvenni kívánt szelvény kontúrvonalának minden egyes pontját tartalmazzák. A fenti elv teljesülése esetén a kidolgozásnál a szelvény képe teljes terjedelemben előállítható, ha képátalakítás és azonos méretre hozás után oly módon illesztjük össze az egyes részletfelvételeket, hogy a megfelelő (identikus) alappontok képeit egyeztetjük.

A mellékelt kísérleti felvételek (9. ábra) készítése nyomán bebizonyosodott, hogy az elgondolás a megkívánt pontosság határain belül végrehajtható a gyakorlatban is. Kitűnt azonban, hogy a részletfelvételeknek a fenti módja, pl. túl magas szelvények esetében, nehézségekbe ütközhet, ha a pontnégyszög nem helyezhető el az átfedések területén. Ilyen körülmények között kiegészítő megoldásként az alábbi eljárás mutatkozott megfelelőnek: A pontnégyszöget a szelvény hozzáférhető részleteiben, ill. átfedéseiben bevillantjuk. Ahol ez nem lehetséges, ott pontnégyszög nélkül legalább 2 m-es átfedéssel készítünk részletfelvételt.

Az ilyen módon készített részletfelvétel a kidolgozás során a tapasztalat szerint a megkívánt pontossággal kapcsolható a csatlakozó részlethez, ha az átfedések területére eső kontúrvonal-szakasz nem egyenes vonal és ha a kidolgozásnál megfelelő nagyítást alkalmazunk. E kiegészítő megoldás legnagyobb hibája az, hogy a pontnégyszög nélküli részletkép átalakítása elég körülményes, mert ezt a műveletet csak a csatlakozó és pontnégyszöggel rendelkező részletkép kidolgozása után lehet elvégezni oly módon, hogy a csatlakozó részlet méretében egyeztetjük az azonos kontúrvonal-szakaszokat.

6. A keresztzelvénymérés és a hossz mérés kapcsolata

A bevezetőben már rámutattunk arra, hogy módszerünk barlanggenetikai célok mellett alapvetően szpeleometriai célt szolgál. A felvett szelvényképeknek tehát alkalmasnak kell lenni a szó szerint vett „barlangtérkép” készítésére is. Ebből következik, hogy a felvétel során nem elegendő csupán az elmondottakról gondoskodni, hanem biztosítani kell azt is, hogy a szelvénykép kapcsolható legyen a hossz mérési poligonhoz. Ez azért szükséges, hogy a hossz- és keresztmérések összesítéséből meghatározható

legyen a felmért barlangüreg határfelületének mindannyi geometriai adata, amennyit a szelvényfelvételek sűrűségétől függően várhatunk.

Nyilvánvaló, hogy a fenti kíváncsi csakis akkor teljesíthető minden tekintetben, ha a felvételnél a konturvonal megvilágításán és a méret jelölésén kívül gondoskodás történik:

A) a függőleges síkban kijelölt keresztzelvény térbeli helyzetét egyértelműen meghatározó további szükséges adatok rögzítéséről,

B) a függőleges helyzetű szelvénytíkon áthaladó poligon vonal dőléspontjának megvilágításáról.

Az A) pontban foglalt követelmény kielégíthető, ha meghatározzuk:

a) a függőlegesített szelvénytíki csapását, vagyis az e síkban fekvő vízszintes egyeneseknek az É–D-i iránnyal bezárt szögét,

b) a keresztzelvény síkbeli helyzetét, vagyis viszonyát a függőleges–vízszintes irányokhoz (orientáció).

Tekintettel arra, hogy a tájolás kérdését már korábban letárgyaltuk, ezért még két hátralevő szükséges mérési feladatról, nevezetesen a csapás és a dőléspont meghatározásáról kell szólni.

A felveendő keresztzelvények csapását kezdetben közelítő pontossággal beállva a megvilágítás síkjába, bányászkompass segítségével határoztuk meg. Jelenleg ugyanez a feladat a fotoprofilográfba beépített 360°-ra beosztott kompass segítségével végezhető el. Ez a megoldás azért vált szükségessé, mert így rögzített módon, tehát biztonságosan párhuzamosítható a megvilágított szelvénytíki és a kompasson kijelölt É–D-i irány. E berendezés segítségével tehát kényelmesen, gyorsan és a szükséges pontosságnak megfelelően (VI. fejezet) állapítható meg a felvenni kívánt szelvénytíki csapásvonalának iránya.

A barlangok fotogrammetrikus keresztzelvényezése önmagában véve legfeljebb csak morfogenetikai szempontból lehet hasznos, de még ebben az esetben is ismernünk kell a felvett szelvénytíkok egymáshoz, illetve a barlangi mérések kiinduló pontjához (bejárat, vagy valamilyen mérési alappont) viszonyított helyzetét. Szpeleometrikai szempontból pedig a keresztzelvényezés nem más, mint olyan másodrendű mérési művelet, amely az elsőrendű, vagy alpmérés során felvett poligon pontjaihoz keresztmetszeti méreteket rendel.

Akárhogy is nézzük a kérdést, nyilvánvaló, hogy a két mérést, tehát a hossz- és keresztmérést valamilyen módon egymáshoz kell kapcsolni. Ezt legegyszerűbben úgy gondoltuk megoldani, hogy a felveendő szelvény síkjában megvilágítjuk azt az egy pontot a felvétel során, amely megfelel (identikus) a poligon rendszernek síkba eső pontjával. Ez a pont pedig nem más, mint a szelvénytíki és az ezt metsző poligon-oldalt képviselő egyenes dőléspontja.

Gyakorlatilag a dőléspont kijelölése a szelvény síkjában csakis akkor végezhető el, ha a keresztzelvény-mérést a poligon-mérés vagy poligon vezetésre alkalmas fix-pontrendszer kiépítése már megelőzte. Ebben az esetben ugyanis valamely barlang bármely szakaszán felvenni kívánt keresztzelvény síkjában a metsző poligonoldalt dőléspontja az a pont, amelyet a szelvénytíki előtt és után elhelyezkedő fixpontok között kifeszített és elvileg végtelenül vékony és tökéletesen egyenes koordináta-zsinór a fotoprofilográf kollimátorának optikai tengelyében haladó fény sugar megvilágít. Az ilyen módon kijelölt dőléspont szükség esetén a jobb láthatóság érdekében külön pontszerű fényforrás (számozóbot világító csúcsa) segítségével is megvilágítható. (Lásd pl. a 8. a, b ábrán a pontnégyesztől jobbra levő fénypontot.)

A szelvény síkját metsző poligon-oldalt képviselő koordináta-zsinór nemcsak a dőfpont kijelölésére szolgál, hanem ezen egyszersmind lemérhető a felvett szelvénytípus dőfpontja és a metsző poligon-oldal végpontjai, vagyis a legközelebb eső fixpontok közötti távolság is. Ilyen módon egyrészt adott poligonrendszerhez, mint koordináta-rendszerhez rögzíthetjük a felvett szelvények helyét, másrészt adott poligon meghatározott pontjain rendelkezésünkre állnak olyan függőleges kereszt-szelvények, amelyek mentén a kereszt-méreteket végtelen sokasága meghatározható, ha az adott helyen a felvett szelvényképen a kontúrvonalnak minden egyes pontja rögzítést nyert.

7. A felvételek számozása

Rendszeresen végzett fotogrammetrikus felvételnél fontos kérdés a felvételek számozása, ill. egyértelmű jelölése. Enélkül nagyobb mérési munka zavartalan feldolgozása elképzelhetetlen.

Már 1958-ban felmerült a probléma: hogyan lehetne ezt kényelmesen, gyorsan, biztonságosan és általában minden igényt kielégítő módon megoldani.

Ismeretes, hogy pl. a filmtechnikában általában számtábláknak a felvenni kívánt kép egyidejű lefényképezésével végzik el ezt a feladatot. Barlangi viszonylatban azonban ez a megoldás kényelmetlennek látszott. Nagyszámú felvételnél ugyanis sok különböző variációt biztosító számtáblára lenne szükség, ugyanakkor külön megfelelő világítást is kellene alkalmazni ezek fényképezéséhez. Ilyen külön megvilágítás pedig a kontúrvonalak elmosódását okozhatná, hacsak valamiféle foszforeszkáló felületű számtáblákról nem gondoskodnánk.

A fentiek miatt a legegyszerűbb megoldás az első fényponttal való letapogatás útján törtéző kontúr-megvilágítási módszerünkből adódott. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a megvilágító rúddal nemcsak a kontúrvonal képe rajzolható meg, hanem ugyanilyen módon tetszőleges számot, vagy bármilyen más felvétel-jelölést is létre lehet hozni a szelvény síkjában.*

Jelenleg a felvételek számozását külön erre a célra készített ún. „számozóbot” segítségével végezzük, melynek végén tompított fényű világítócsúcs, markolatán pedig rugós érintőkapcsoló van (IV. fejezet).

Említettük már, hogy F. KOPPENWALLNER és munkatársai nem rendelkeznek még számozó berendezéssel. Ezért egy filmtekercsen belül a felvételek egymásra következéséből következtetnek azok felvételi helyére. Több filmtekercs használata esetén a tekercsek egymásra következését úgy rögzítik, hogy az új tekercs első kockájára még egyszer felveszik ugyanazt a szelvényképet, amely a megelőző tekercs utolsó felvétele volt.

Szpeleometria-i szempontból azonban különösen jelentős a felvételek egyedi számozásának lehetősége, mivel így mód van arra, hogy az egyes felvételeknek a poligon töréspontjaihoz viszonyított távolságát, a szelvénytípus csapásvonalának É-i irányval bezárt szögét, ill. egyéb megjegyzéseket jegyzőkönyvileg egyértelműen rögzíthessünk (18. ábra).

* Szóbeli értesülésünk szerint 1934-ben K. Killian is hasonlóan oldotta meg a barlangi kereszt-szelvény-felvételek számozását. (Bertalan K. közlése R. Pirker tudósítása alapján.)

8. A fényképezés

A módszer kialakítási irányelveinél már hangsúlyoztuk, hogy a rögzített nem túl nagy pontossági igények mellett a lehető legegyszerűbb megoldásokra és egyszersmind viszonylag könnyen beszerezhető berendezések használatára törekszünk.

A fentiek miatt a szelvényképek felvételére közönséges kisfilmes fényképezőgép és fényképező állvány használatát vettük tervbe módszerünk keretében. Kétségtelen ugyan, hogy még egyszerű üveglemezes fényképezőgép segítségével is nagyobb pontosság lenne elérhető. Erre azonban, mint bebizonyosodott, nincs feltétlenül szükség, mert az igényelt pontosság kisfilmes gép használatával is elérhető. A mai modern fényképezőgépek ugyanis mind mechanikai, mind pedig optikai tekintetben meglehetősen szabatos kivitelben készülnek (VI. fejezet). Az üveglemezek pedig nemcsak költségesebbek a tekercsfilmnél, hanem használatuk barlangi körülmények között kényelmetlen is lenne.

IV. A KERESZTSZELVÉNYEZÉS MŰSZEREI

1. Felvételi eszközök

A fotoprofilográf

A műszer a szelvénykontúr, a tájolt pontnégyszög és a poligon dőféspont megvilágítására, valamint a függőleges szelvénytű csapásának meghatározására szolgál (13. ábra, 107. lap).

A függőleges szelvénytű kontúrvonalának megvilágítása a vízszintezett fekvőtengely mentén, a közel párhuzamos sugárnyalábot vetítő kollimátor 360° -os elforgatásával végezhető el.

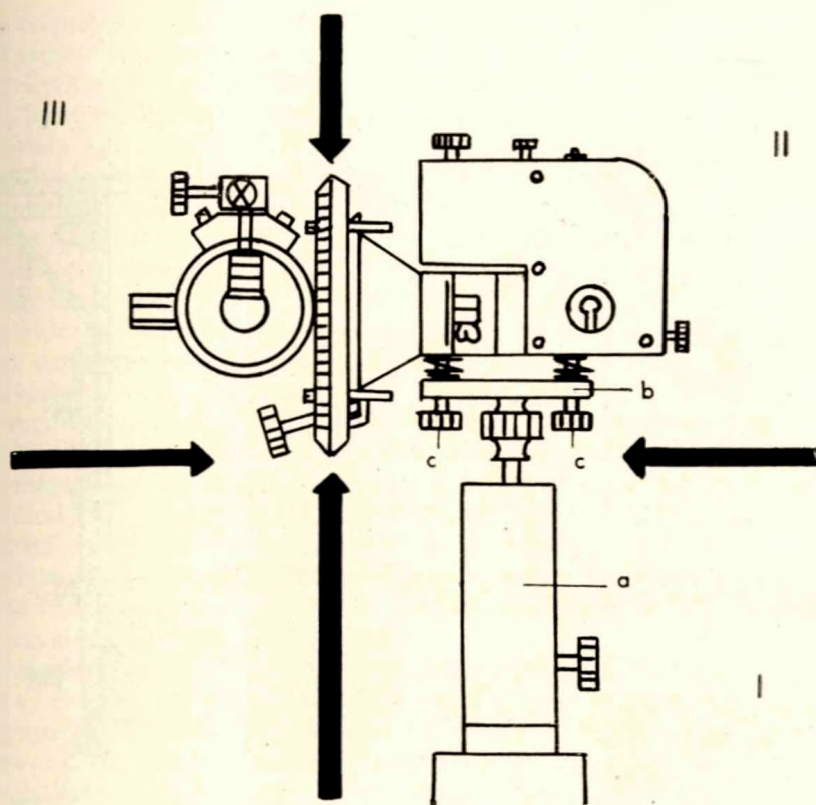
A mérés alapjául szolgáló négyzetalakú tájolt pontnégyszög előállítása a műszeren az alábbi módon történik: A kollimátor által létrehozott közel párhuzamos sugárnyaláb útjába alappont-jelölés gyanánt kisméretű, fehér, átvilágítható üveggömböcskét állítunk. Ez a kollimátorhoz van kapcsolva és középpontja kellő pontossággal állítható be annak optikai tengelyvonalába. A kollimátor 360° terjedelmű elforgatásakor tehát a pontjelölés középpontja is teljes kört ír le a megvilágított szelvény síkjában. E kör sugarát úgy választjuk meg, hogy hossza megegyezzen a szükséges oldalhosszúságú pontnégyszög félátlójának hosszával. A forgatáskor leírt körvonal pontjai közül a tájolt négyzet sarokpontjainak kiválasztása úgy történik, hogy csak olyan helyzetben világítjuk meg a pontjelölést, ha a forgatási centrumból a középpontjához húzható sugár iránya éppen 45° -ot zár be a vízszintes iránnyal. Ez a helyzet a műszeren kellő pontossággal az orientációs berendezéssel ütköztetés útján állítható elő.

A poligon dőféspont megvilágítására szintén a kollimátor szolgál. A szelvény síkját metsző poligon oldal kijelölése fehér átvilágítható műanyagszál kifeszítésével történik (koordináta-zsinór), amelyen a dőféspontot a kontúrmegvilágítás során a kollimátor sugárnyalábja világítja meg.

A függőleges szelvénytű csapása a műszertestbe beépített kompasszal határozható meg.

A fotoprofilográf szerkezetiileg három fő részből áll (10. ábra).

- A) Műszertalp (I.)
- B) Műszertest (II.)
- C) Világítóberendezések (III.)



10. ábra. A fotoprofilográf fő részei. I: műszertalp, II: műszertest, III: világító berendezések.
Fig. 10. Principal parts of the photoprofilograph. I: levelling base. II: instrument body. III: exposing devices.

A) A műszertalp hengeres talphüvelyből (*a*) és korong alakú talplemezből áll (*b*). A hengeres talphüvely forgatható és rögzíthető módon az állótengelynek kiképzett állványfejre csatlakozik.

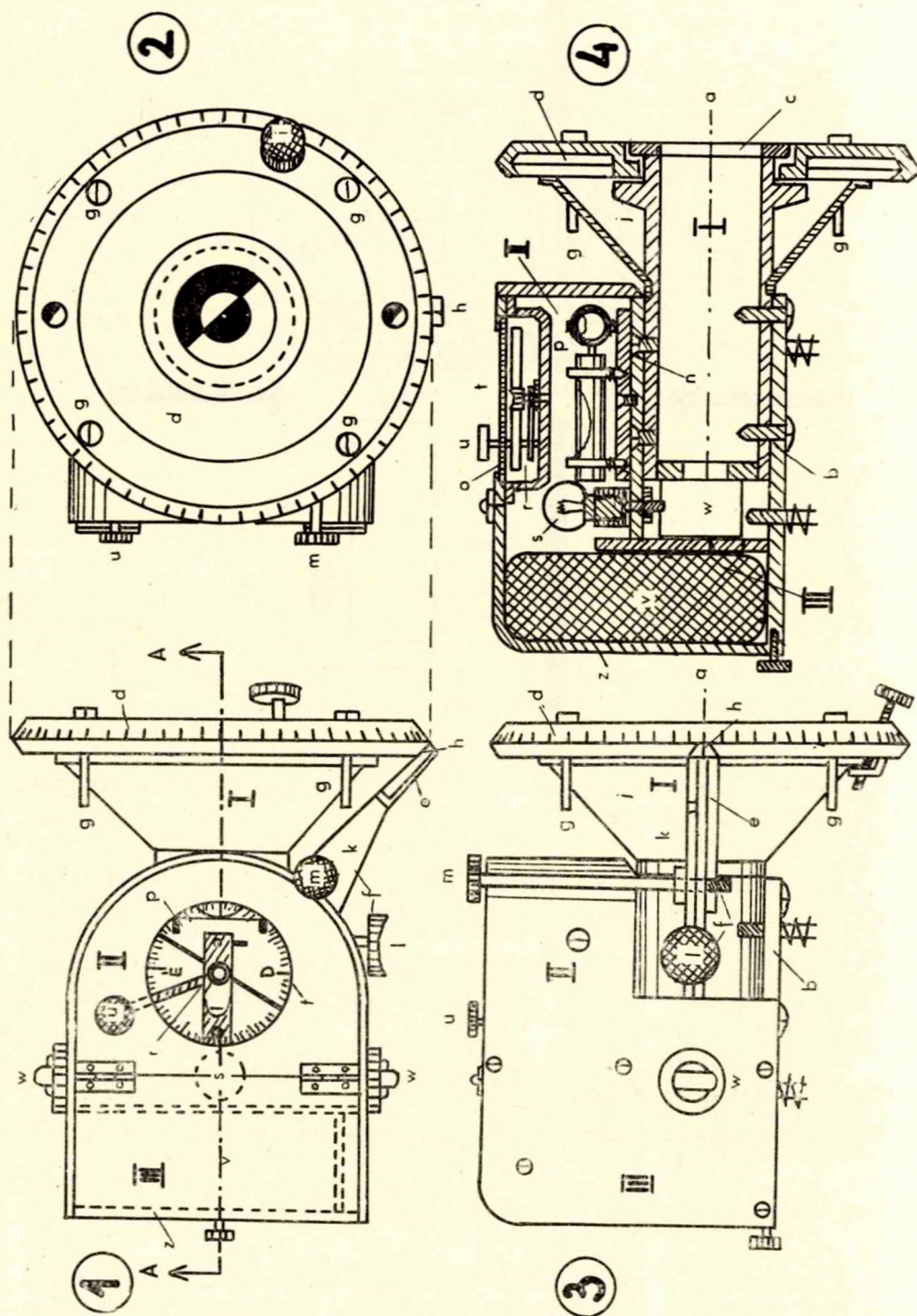
A korongalakú talplemez alsó részén csavarmenettel rögzíthető a talphüvelyhez és három db. egymáshoz képest 120° -ra elhelyezett rugós talpcsavarral (*c*) csatlakozik a műszertest U-alakú talplemezéhez.

A műszertalp biztosítja a műszer állványra való rögzítését, a műszer közel vízszintes irányú elforgatását és a talpcsavarak segítségével a fekvőtengely, valamint az orientációs berendezés indexlemezének vízszintezését.

B) A műszertest három szerkezeti egységre oszlik (11. ábra):

- a) Fekvőtengely és orientációs berendezés (I.)
- b) Libella és kompaszház (II.)
- c) Telep és kapcsolótér (III.)

a) A fekvőtengely (*a*) a műszertest U-alakú alaplemezére (*b*) van rögzítve. E tengely körül hengeres persely (*c*) mentén forgatható el az orientációs berendezéshez tartozó magassági kör (*d*) a világító berendezésekkel együtt.



11. ábra. A műszertest. 1: felülnézet, 2: előlnézet, 3: oldalnézet, 4: A-A metszet.
Fig. 11. The instrument body. 1: plan view, 2: front view, 3: side view, 4: section (A-A).

Az orientációs berendezés része tehát a magassági kör, a fix fekvőtengelyhez mereven kapcsolt indexnyelv (*e*) és az erre épített rugós pecekszerkezet (*f*).

A fekvőtengelyre merőlegesen felszerelt magassági kör 300°-ra van beosztva, sugara 50 mm. Belső felületére a forgatási centrumtól 35 mm távolságban egymáshoz képest 90° irányban 4 db 2 mm átmérőjű, 20 mm hosszú ütközőcsap (*g*) van erősítve. A körosztás az ütközőcsapok helyes állásának ellenőrzésére szolgál. A leolvasást a körosztáshoz simuló indexnyelv végén egyszerű vonalindex (*h*) teszi lehetővé. A magassági kör fixálása az *i*-kötecsavar segítségével végezhető el. Ez kötött állásban a fix fekvőtengely palástjához mereven kapcsolt csonkakúp-felület (*j*) visszahajló pereméhez rögzíti a magassági kört.

Az indexnyelven elhelyezkedő rugós pecekszerkezet állótengely mentén elforduló rugózott indexlemezről (*k*), az indexlemezhez rögzített irányító billentyűből (*l*) és kötecsavarból (*m*) áll.

A rugózott indexlemez a kötecsavar meglazításakor előreugrik és metszi a magassági körön elhelyezkedő ütközőcsapok által súrolt hengerpalást felületét. Ilyen állásban tehát a magassági körnek és ezzel együtt az alappont-jelölésnek elforgatása az ütközőcsapok által körnegyedenként gátolva, tehát orientálva van. A gátlás maradandó felszabadítása (a magassági kör elforgatásának dezorientálása) az indexlemeznek az irányító billentyűvel történő hátrahúzásával és ennek rögzítésével érhető el. Ilyen állapotra azért van szükség, hogy a kollimátorral történő kontúrmegvilágításkor a magassági kör forgása zavartalan legyen.

b) A műszertest második fő része a libella és kompaszház, amely az U-alakú közép-lemez (*n*) és fedőlemez (*o*) között illetve a telep-tér előtt foglal helyet. E térben alul a középlemezen fekszik a libellakereszt (*p*) és felül a fedőlemezhez van erősítve a kompasz (*r*). Hátról helyezkedik el a belső világítás fényforrása (*s*).

A libellakereszt két db 1' érzékenységű csőlibellából áll. Vízszintes vetületben a hátról álló libella tengelye párhuzamos a fekvőtengellyel és annak vízszintezésére szolgál. Az elől álló libella tengelye pedig merőleges a fekvőtengelyre, és segítségével az orientációs berendezés indexlemezét lehet vízszintes helyzetbe állítani. A libellák a középlemezhez rögzített koronghoz két-két db rugós alátétrel ellátott igazító csavarral vannak hozzáerősítve. Igazítás után e csavarokhoz a libella-tok kötecsavarokkal rögzíthető.

A műszertest fedőlemezeének elülső részén köralakú, 40 mm átmérőjű ablak (*t*) teszi lehetővé a betekintést a libella- és kompaszházba. Közvetlenül ez alatt, az ablak peremén van felerősítve a kompasz, amelynek hengeres szelencéje plexiből készült, hogy az alatta elhelyezkedő libellák láthatósága is biztosítva legyen. Az élben látszó mágneses tű az aljzat centrumában a plexilemezhez erősített tű hegyén nyugszik, ha a berendezés dezorientált állapotban van. Aretált helyzetben a mágneses tű a rögzítőnyelvvél az ablaknyílás plexilemezéhez van szorítva. A mágneses tű fixálása az *u*-aretálócsavarral végezhető el.

A mágneses tű állásának leolvasását az ablaknyílás plexilemeze alsó felületének peremén elkészített 360°-os beosztás teszi lehetővé. A beosztás kezdő iránya, tehát névleges É-D-i iránya párhuzamos a magassági kör síkjával.

c) A telep és kapcsolótér a műszertest hátulsó részén fekszik. Itt helyezhető el a 4,5 voltos lapos zseblámpaelem (v). A kapcsolótér a teleptér és a fekvőtengely között 2 db Tumbler-kapcsolót (w) tartalmaz, amelyek a műszer oldalfalaira vannak erősítve. A baloldali a belső világítás, a jobboldali pedig a kollimátor fényforrásának bekapcsolására szolgál.

A gyors telepcserét, ill. a belső világítást szolgáló izzó kicserélését a műszertest hátsó fordított L-alakú felületének (x) felnyitása teszi lehetővé. A libellák igazításának lehetősége céljából az U-alakú fedőlemez (o) is lecsavarozható és ezzel együtt a kompasz is kiemelhető a műszertestből.

C) A világító berendezések (12. ábra) a magassági kör külső felületére vannak szerelve. A világító berendezések közé tartozik:

- a) a kollimátor (I.)
- b) az alappont-jelölő szerkezet (II.).

A kollimátor központosan van felerősítve a magassági körre oly módon, hogy egyrészt optikai tengelye párhuzamos a magassági kör síkjával, másrészt az ütközőcsapok felszerelési középpontjai által – mint sarokpontok által – alkotott négyzet oldalai párhuzamos, illetve merőleges állásban vannak az optikai tengelyhez viszonyítva.

a) A kollimátor szerkezetileg három részből áll:

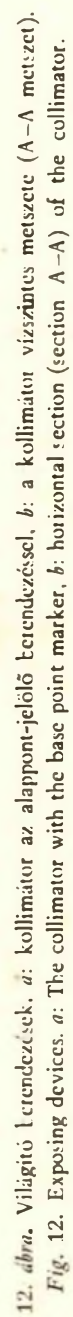
- α) Külső cső (A)
- β) Belső csőrendszer a fényforrással (B)
- γ) Kondenzor lencse (C)

α) A külső cső hossza 165 mm, belmérete 45 mm. Belsejében foglal helyet elmozgatható és rögzíthető módon a belső csőrendszer a fényforrással és a tubusba foglalt kondenzor lencse. A külső cső felszínének felső részén egymástól 85 mm távolságban 2 db kengyel (a) foglal helyet 12 mm belméretű hengeres furatokkal. E furatok tengelye párhuzamos a kollimátor optikai tengelyével. E kengyelekben helyezhető el az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsőve (b). A teleszkópcsőnek a kengyelekben való rögzítésére a c -kötőcsavarok szolgálnak.

β) A belső csőrendszer egy külső rövidebb vastagfalú (d) és egy belső hosszabb vékonyfalú (e) csőből áll.

A belső csőrendszer hátulsó részén helyezkedik el a kollimátor-fényforrása (f), amelynek foglalatja korong alakú nyílászáró lemezre (g) van szerelve. A nyílászáró lemez 2 db recézettfejű csavarral (h) rögzíthető a belső csőrendszer vastagfalú csővének hátulsó gyűrű alakú idomlemezéhez, amely a belső csőrendszer forgató tárcsája (i). Ez a kialakítási mód azt a célt szolgálja, hogy a fényforrás izzója könnyen cserélhető legyen. Maga a fényforrás közönséges 2,5 voltos zseblámpaizzó. Ennek közel egyenes izzószála kerül leképezésre a vetítés során, tehát a kollimátor által vetített fényfolt alakja egyirányban megnyúlt vonaldarabka. Ez a megoldás teszi lehetővé a falra vetített fényfolt vastagságának bizonyos mértékű megváltoztatását, ha a belső csőrendszert a külső csőben elforgatjuk.

A belső csőrendszer további célja az, hogy a telep és a fényforrás közötti állandó elektromos kapcsolat mellett egyszerű módon lehetővé tegye a fényforrás elforgatását, ill. tengelymenti hosszirányú elmozgatását. A fényforrás elforgatásának célja már nyilvánvaló. A forgatás megkönnyítésére a belső csőrendszer forgató tárcsájának külső pereme recézve van. A fényforrás hosszirányú elforgatására pedig azért van szükség, hogy a fényforrás által keltett sugárnyaláb a kondenzorlencse hasonló elmozgatásán ki-



vül ilyen módon is fókuszálható legyen és ezáltal a kontúr, a dőféspont és alappont-jelölés megvilágításánál viszonylag nagy távolságon belül lehessen élesre állítani a kivetített izzószál képét.

A belső csőrendszer vastagfalú csőve (d) a külső csőhöz való illeszkedésre szolgál. Vele együtt az egész belső csőrendszer rögzítése a külső csőben a j -kötőcsavarral történik. A vékonyfalú cső célja pedig az, hogy a külső cső k -jelű nyílásán bevezetett elektromos vezeték annak külső felülete mentén spirál alakban juthasson el a fényforráshoz. A vékonyfalú cső (e) elülső peremén kialakított gyűrű (m) a belső csőrendszer kihúzásakor a spirálvezeték lecsúszásának megakadályozására szolgál.

γ) A kondenzor-lencse egyszerű aszimmetrikus bikonvex optika, amely tubusával a külső cső elülső részében helyezkedik el. Átmérője 40 mm, vastagsága az optikai tengely mentén 15 mm, gyújtótávolsága: $f = 100$ mm. Állítása és rögzítése az n -írányító- és kötőcsavarral történik.

b) Az alappont-jelölő szerkezet három részből áll:

- α) Teleszkópcső (b)
- β) Pontjelölés foglalat (b_1)
- γ) Pontjelölés (b_2)

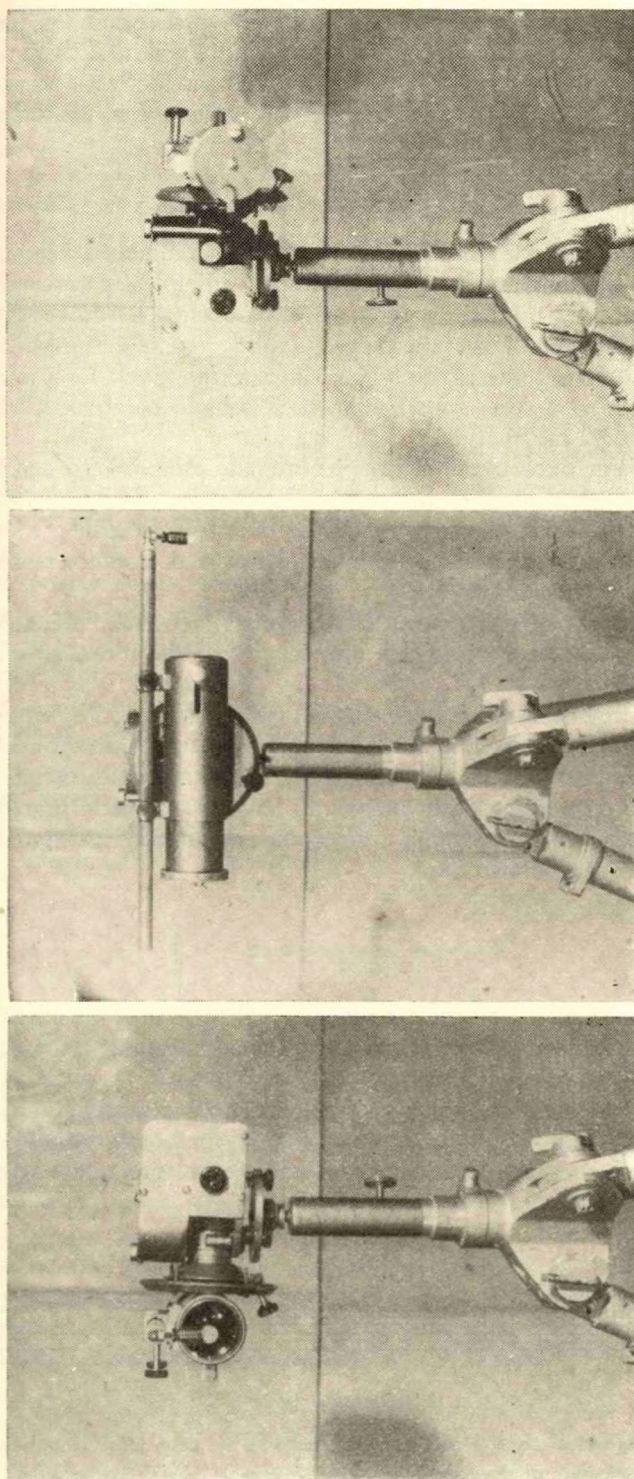
α) A teleszkópcső három darab egymásba tolható 300 mm hosszú, 0,2 mm-es falvastagságú hengeres részből áll. A külső cső külső átmérője 12 mm. Kihúzott állapotban rugós pecek akadályozzák meg összetolását. A teleszkópcső a kollimátor felső részén elhelyezett kengyelek segítségével kapcsolható a kollimátorhoz.

A teleszkópcső tartja a pontjelölést és egyben lehetővé teszi a forgatási tengelytől való távolságának állítását is. Segítségével 250–500 és 1000 mm-es oldalhosszúságú pontnégyszög 177, 354 és 708 mm hosszú félátlójának beállítása válik lehetővé a csövek egymásbatolásának és a kengyelekben való eltolásának mértékétől függően. A kengyelekben való elmozgatás mértéke mindhárom esetben különböző és a külső cső felületére vésett körkörös indexvonalak (o) segítségével állítható be.

Gyakorlatilag azért van szükség legalább három különböző oldalhosszúságú pontnégyszögre, hogy az erősen változó barlangszelvényekben egy bizonyos felső határig minden esetben a lehető legnagyobb méretű pontnégyszöggel lehessen dolgozni.

β) A pontjelölés foglalat (b_1) a pontjelölés megtartására szolgál. A foglalat a teleszkópcső csúcsára merőlegesen oly módon van rögzítve, hogy a teleszkópcső tengelye körül a pontjelölés elforgatható, ugyanakkor bármely állásban megtartható legyen. Ez a kíváncsom legegyszerűbben surlódásos megtartással érhető el a szerkezeten. A pontjelölés elforgatására azért van szükség, hogy egyrészt szelvényt megvilágításkor ne állja el a kivetített sugárnyaláb útját, másrészt pedig azért, hogy az alappontok képzésekor a pontjelölés pontosan bejásztható legyen a kollimátor optikai tengelyvonalába. Egyébként ugyanerre a célra szolgál az a megoldás is, hogy a foglalat tengelykörüli elforgatásával annak a csúcstól való távolsága is állítható egyszerű csavarmenettel segítségével.

γ) A pontjelölés (b_2) fehér, átvilágítható, nagy fénytörésű üvegből álló 5 mm sugarú gömböcske, amelynek csavarmenettel ellátott szára van. Ennélfogva rögzíthető a foglalathoz. Megvilágítása a kollimátor sugárnyalábjának középpontjára való fókuszálásával történik. A forgatható kollimátor, az orientációs berendezés és az alappont-jelölő szerkezet segítségével a pontjelölés három különböző oldalhosszúságú tájolt pontnégyszög előállítására alkalmas.



13. *ábra.* A fotoprofilográf három nézetben. *a:* baloldali nézet, *b:* előlnézet, *c:* jobboldali nézet.
 Fig. 13. The photoprofilograph in three views. *a:* view from the left, *b:* front view, *c:* view from the right.

A fotoprofilográf tehát a fényképezésen kívül gyakorlatilag minden lényeges felvételi funkciót ellát. A műszer üzemkész súlya állvány nélkül 2,20 kg, állvánnyal együtt 7,96 kg.

A műszer igazításával kapcsolatos kérdéseket a VI. fejezetben tárgyaljuk.

A koordináta-zsinór

A koordináta-zsinór olyan egyszerű mérési segédeszköz, amely a keresztaszelvénymérés és a hossz mérés koordinálására; vagyis a dőféspont kijelölésére, valamint a dőféspont és a fixpontok közötti távolság meghatározására szolgál. (Adott szelvény sík és fixpont közötti tulajdonképpen, azaz merőleges távolság értéke esetünkben egyenlő a poligon oldalménti, általában ferde távolság vízszintes vetületével. Ez a merőleges távolság meghatározható, ha a szelvény síkját metsző poligon oldalnak a vízszintessel bezárt, vagyis dőlésszögét megmérjük.)

A 20 m hosszú, cm beosztással ellátott koordináta-zsinór belső szilárdító fémszálból és külső műanyagburkolatból áll.

A belső szilárdító fémszál 0,5 mm vastag acélhuzalból készült. Célja az, hogy kifeszítéskor a beosztott koordináta-zsinór megnyúlását csak csekély mértékben engedje meg.

A külső műanyagburkolat pedig olyan fehér, jól átvilágítható PVC cső, melynek falvastagsága 1,0 mm, belmérete pedig 0,5 mm, tehát szorosan illeszkedik a fémszálhoz.

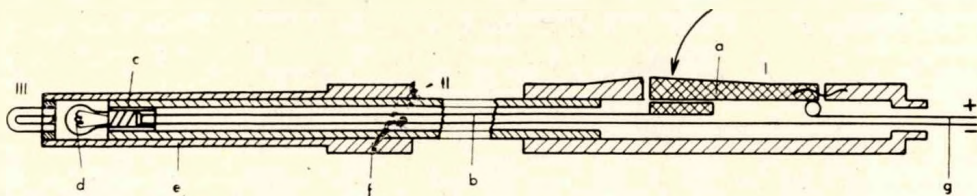
A kifeszített koordináta-zsinóron a szelvény síkjában a fotoprofilográf kollimátora által vetített sugárnyaláb világítja meg a dőféspontot. Mivel a műanyagburkolat vastagabb, mint a belső szilárdító fémszál, ezért az ilyen módon megvilágított, ill. nagyobb részt átvilágított zsinóron a dőféspontot megjelölő fénypont bármely irányból jól látható. Ez a megoldás tehát alkalmas mind a dőféspont, mind pedig a fixpontoktól való távolság pontos és gyors meghatározására.

A számozóbot

A felvételek számozása a számozóbot segítségével történik (14. ábra).

A 40 cm hosszú számozóbot főbb részei a markolat (I.), a szár (II.), és a világító csúcs (III.).

A nagyobb keresztmetszetű hengeres markolatba érintőkapcsoló (a) van beépítve. Ez lehetővé teszi a világító csúcsot megvilágító fényforrás áramkörének gyors és kényelmes zárását, ill. megszakítását a szelvényjelölések megrajzolása közben.



14. ábra. A számozóbot vázlatos metszete. I: markolat, II: szár, III: világító-csúcs.

Fig. 14. Schematic section of the numbering stick. I: grip, II: shaft, III: luminous peak.

A szár a markolatba van beágyazva. Belsejében hosszirányú hengeres furat szolgál a csúcshoz vezető érpár (b) elhelyezésére. A szár csúcscsücsfelőli végére foglalat (c) van szerelve, amelyben közönséges zseblámpaizzó (d) helyezhető el. Ez világítja meg a világító csúcscsücsot, amely fehér, átvilágítható műanyagból készült. A világító csúcscsücsot hengeres tubus (e) csavarmenttel (f) rögzíti a szárhoz. E tubus elforgatásával, tehát tengelymenti elmozgatásával egyben a világító csúcscsücs megvilágításának mértéke is szabályozható. Erre azért van szükség, hogy számozáskor a fényképezőgéptől való távolságtól függően minden esetben optimális vonalvastagságú jelöléseket lehessen leképezni.

A fényforrás táplálása a markolatból kiinduló 1,5 m hosszú vezetéken (g) keresztül zseblámpaelemből történik, amely zsebben hordható telepdobozban helyezhető el.

A fényképező berendezés

A fotoprofilográf által megvilágított szelvény lefényképezéséhez elvileg bármilyen modern kisfilmes fényképezőgép alkalmas, amennyiben olyan nagylátószögű optikával is rendelkezünk, amely a fényképező és a nagyítógépre egyaránt felszerelhető (VI. fejezet).

Ismert pontossággal azonban csak akkor dolgozhatunk valamely fényképezőgéppel, ha annak esetleges optikai, ill. mechanikus hibáit előzetesen meghatároztuk.

Barlangi fotogrammetrikus keresztaszelvényezés céljaira gyakorlatilag fixen állványra szerelhető, tehát lehetőleg kisméretű fényképezőgép alkalmas. Szükséges, hogy a felhasznált berendezés fényzárja a felvétel ideje alatt állandóan nyitvatartható legyen. Beállítás szempontjából különösen előnyös, ha az alkalmazott fényképezőgép egyaknás tükröreflexes keresővel van felszerelve. A felvételeket célszerű nagyérzékenységű filmre készíteni.

E cikk keretében bemutatott és már fotoprofilográf segítségével rajzolt felvételek Altix-fényképezőgép felhasználásával 25/10 DIN-es Agfa filmre készültek.

2. Kidolgozási eszközök

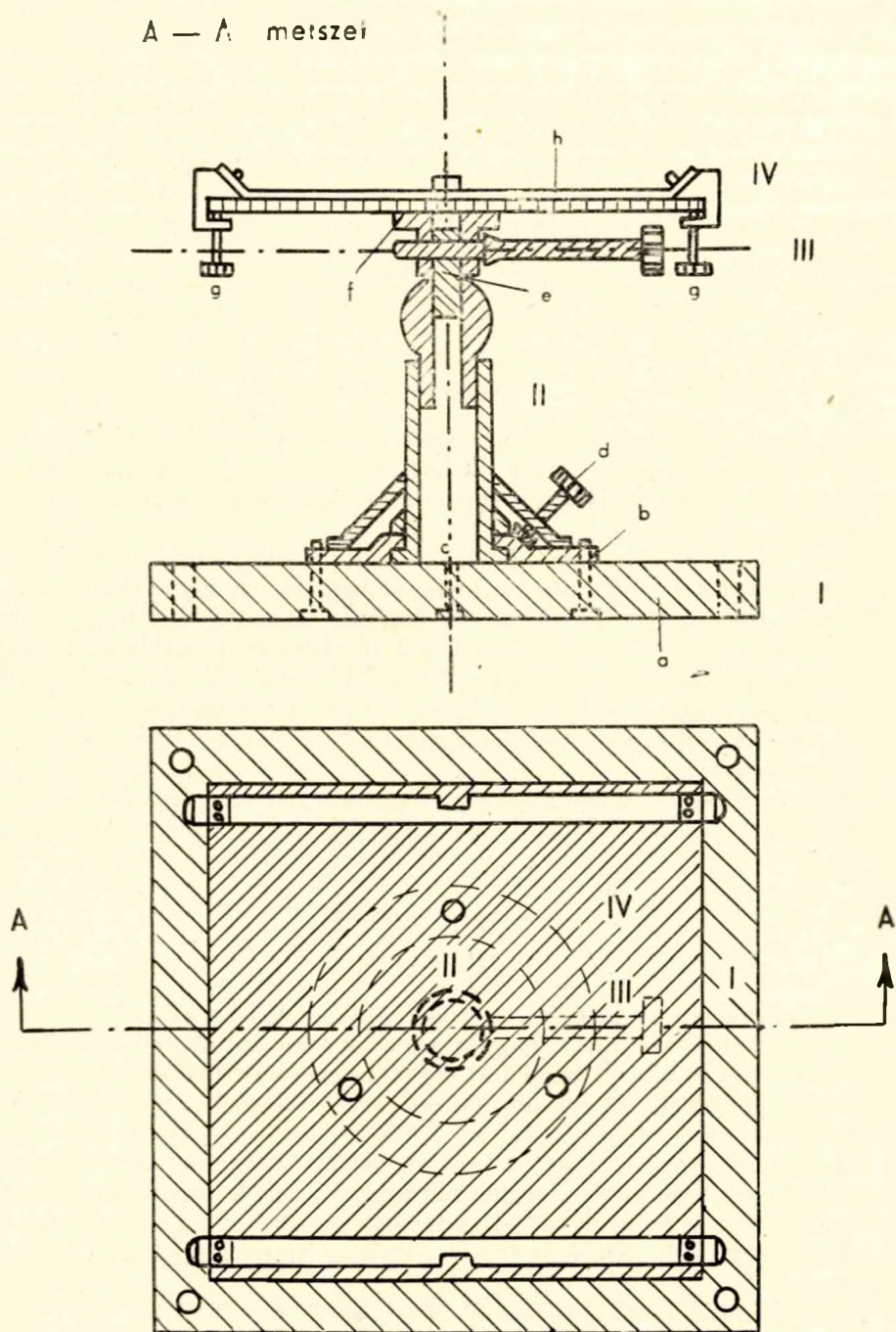
A transzformáló-asztal

A szelvényfelvételek kidolgozása transzformáló-asztallal és a felvételnél használt objektívvel felszerelt közönséges nagyító gép alkalmazásával történik (16. ábra). Az ilyen módon kiegészített, ill. átalakított nagyítóberendezéssel különböző méretű torz negatív képekből azonos méretre felnagyított méret- és alakhű pozitív szelvényképek készíthetők.

A képátalakítás végrehajtására a fenti készülékben a beépített transzformáló-asztal szolgál. Ennek képernyőjére rögzíthető a nagyító papír. A transzformáló-asztal a nagyító papír síkja térbeli helyzetének megváltoztatásával állítja elő ugyanazt a térbeli szögviszonyt, amely a szelvény és a fényérzékeny lemez síkja között a felvételkor fennállott.

A transzformáló-asztal négy részből áll (15. ábra):

- A) Műszertalp (I.)
- B) Állótengely (II.)
- C) Fekvőtengely (III.)
- D) Képernyő (IV.)



15. ábra. A transzformáló-asztal függőleges metszete és felülnézete (A-A metszet).
 Fig. 15. Vertical section (section A-A) and plan view of the rectifier stage.

A) A műszertalp négyzet alakú alsó talplemezből (a) és korong alakú felső talplemezből (b) áll.

Az alsó talplemez négy sarkán csavarok segítségével rögzíthető a transzformálóasztal a nagyítógép alaplapjához.

A felső talplemez anyáscsavarokkal van kapcsolva az alsó talplemezhez. Középpontjában hengeres persely (c) van kiképezve.

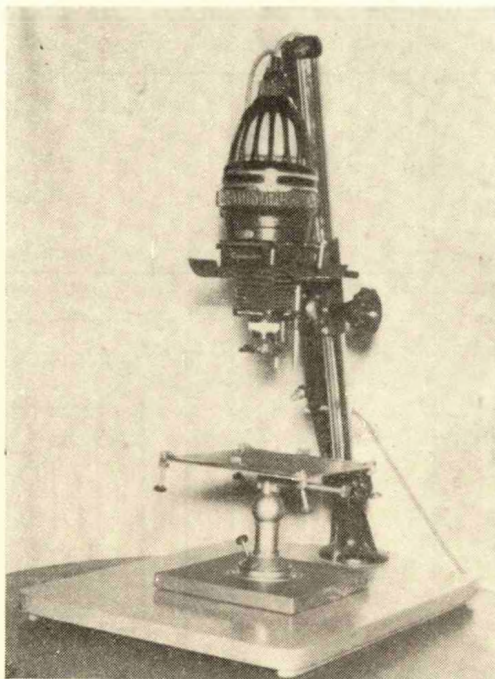
B) Az állótengely a képernyő vízszintes értelmű elforgatására szolgál. Alsó része a felső talplemez perselyébe van beágyazva. Rögzítése a palástjára hegesztett csomakúp felületére erősített ferde állású *d*-kötőcsavarral surlódásos megtartással történik.

Az állótengely hosszanti irányban hengeres furattal van ellátva. Gömbalakúan kiképzett felső részének legfelső pontján ebbe a furathoz van fixen beágyazva a fekvőtengely megtartására szolgáló kengyel (e).

C) A fekvőtengely a képernyő függőleges értelmű elforgatását teszi lehetővé. E berendezésen egyszerűség kedvéért a fekvőtengely egyben a függőleges forgatást fixáló kötőcsavarul is szolgál (III.).

A fekvőtengely az állótengelyre szerelt és a képernyőről lelógó 2 db fordított L-alakú kengyel (f) hengeres perselyeibe illeszkedik. Ilyen módon kapcsolódik a fekvőtengely az állótengelyhez, ill. a képernyő a fekvőtengelyhez. A kötőcsavarul is szolgáló fekvőtengely teljes becsavarásakor a felső kengyelek a közrefogott alsó kengyelhez szorulnak, így a képernyő függőleges értelmű forgatása akadályozva van.

D) Az álló- és fekvőtengelyre felszerelt képernyő (IV.) síklemeze — a közel függőleges állásoktól eltekintve — a fentiek szerint bármely térbeli helyzetbe fixen beállítható. Ilyen módon van lehetőség a felületére függőleges optikai tengely mentén vetített torz negatív szelvényképek átalakítására. A képernyő felületére a fényérzékeny lemez rögzítése a *g*-rögzítőcsavarokkal felerősített *h*-szorítószalagokkal történik.



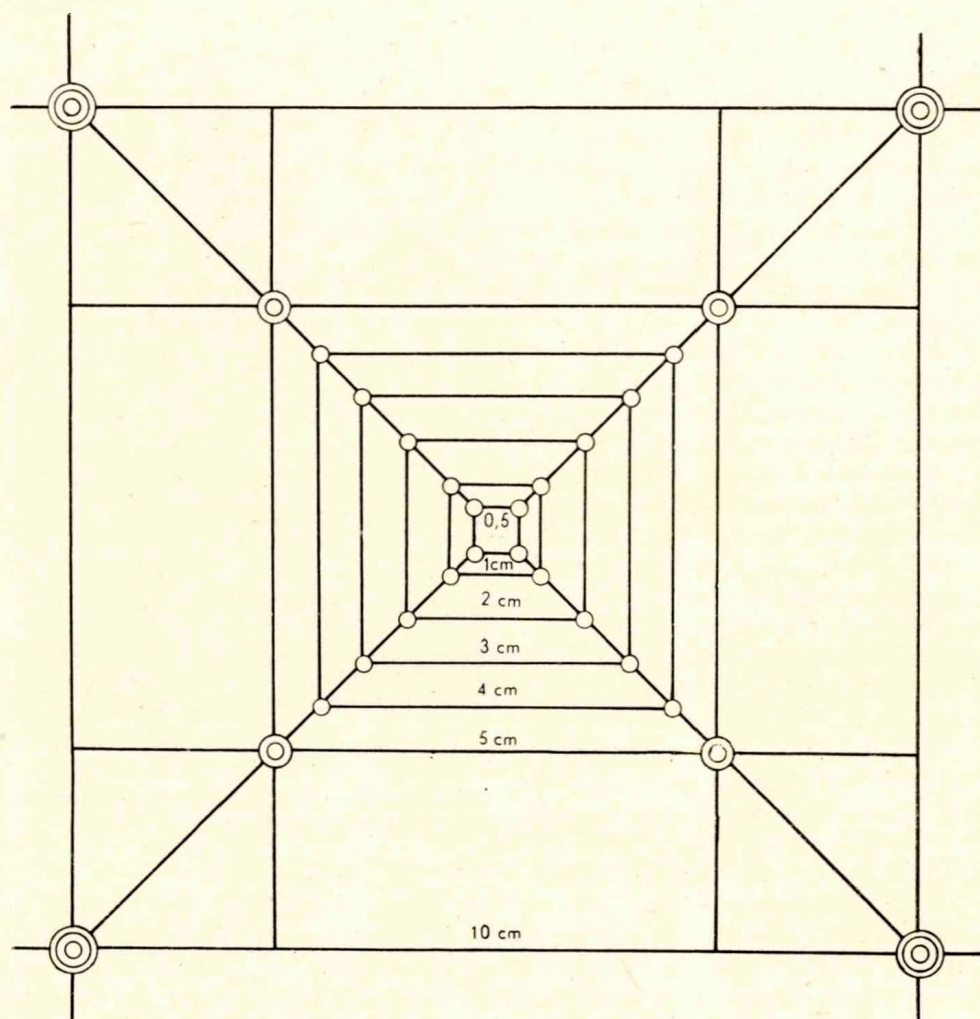
16. ábra. Transzformáló-asztallal felszerelt nagyítógép. (SZÁYER KORNÉL felv.)

Fig. 16. Enlarger equipped with transforming-stage. (Photo by KORNÉL SZÁYER.)

A bázissablon

A képátalakítás gyakorlati végrehajtása abból áll, hogy a transzformáló-asztal képernyőjét mindkét tengely mentén olyan állásba forgatjuk, amely helyzetben a felületére vetített szelvénykép perspektívikusan torzult pontnégyszöge éppen szabályos négyzet alakot vesz fel. A pontnégyszög képének pontos és gyors beállítására szolgál a bázissablon.

A bázissablon a nagyítópapírral azonos vastagságú vékony fehér celluloidlap,



17. ábra. A bázissablon.

Fig. 17. Base-pattern.

amelynek felületére különböző méretben pontazonosítás céljából közös centrummal pontnégyyszögek vannak rajzolva (17. ábra). A sablonrajzon feltüntetett hét különböző méretű pontnégyyszög közül általában a két legnagyobb 10 és 5 cm-es oldalhosszúságú négyzetek segítségével történik a tulajdonképpeni képátalakítás, vagyis a transzformáló-asztal képernyőjének beállítása. A belső öt négyzet pedig általában már csak méretazonosításra szolgál aszerint, hogy milyen méretarányú szelvényképre tartunk igényt. A képátalakítás végrehajtása pontossági szempontok miatt történik a két legnagyobb méretű négyzet segítségével (VI. fejezet).

A gyakorlatban legtöbbször az 5 cm-es oldalhosszúságú négyzet szolgál a képátalakításra és az 1 cm oldalhosszúságú négyzet használatos a méretazonosításra, ha közepes, tehát 50 cm-es oldalhosszúságú pontnégyszöggel történik a felvétel. Ebben

az esetben ugyanis 1:50-es méretarányú szelvényképek készíthetők. Ilyen méretarányban pedig a legtöbb magyarországi barlang szelvényképe 9x12 méretű nagyítópapírra dolgozható ki. A tapasztalat szerint ilyen körülmények között mutatkozik a fotogrammetrikus szelvénymérés a leggazdaságosabbnak (VI. fejezet).

Az illesztő-keret

A több részben felvett szelvényképek részletképeit a képátalakítás és az azonos, méretre hozás után szintén a pontnévgyűjtemény segítségével illesztjük össze. E feladat pontos kivitelezésére a kidolgozás során az illesztő-keret szolgál.

Az illesztő-keret igen egyszerű segédeszköz. Lényegében olyan síklemezből áll amelynek felületében 0,5 mm-es átmérőjű és 5 mm hosszú, felfelé álló tűhegyek vannak beágyazva különböző méretű négyzetek sarokpontjain. Segítségével az azonos méretarányban kidolgozott részletképek igen pontosan egymásra illeszthetők össze-ragasztásuk időtartamára.

V. A KERESZTSZELVÉNYEZÉS GYAKORLATI VÉGREHAJTÁSA

1. A felvétel menete

Valamely barlang, vagy barlangszakasz keresztshelvényeinek fotogrammetrikus felvételét – mint már említettük – meg kell előznie a hosszirányú poligonmérésnek, vagy legalább is a poligon vezetésre alkalmas fixpontrendszer kiépítésének, amennyiben hossz méréshez kapcsolt részletes és rendszeres keresztirányú mérést akarunk végezni. Részletesnek és rendszeresnek nevezzük a keresztshelvényezés műveletét akkor, ha a shelvények felvétele 1 m-enként, vagy ennél kisebb, de kb. azonos távolságokban történik. A felvétel menete a következő:

A poligon-oldal kijelölése

A) A shelvényezési jegyzőkönyv I. rovatába beírjuk a shelvény számát (18. ábra).

B) A mérendő szakaszon a koordináta zsinórt két szomszédos fixpont között 10 kg húzóerővel kifeszítjük.

C) A beosztás 0 pontját egyeztetjük a menetirány szerinti első fixpont mérési középpontjával.

D) A poligon-oldal jelölése céljából a fixpontok számát menetirány szerinti sorrendben feljegyezzük a shelvényezési jegyzőkönyv II. rovatába (18. ábra).

A shelvény sík kijelölése

A) A fotoprofilográfot felszereljük állványára.

B) A műszert az állótengely körül olyan helyzetbe forgatjuk, hogy a kollimátor optikai tengelye a járat hosszirányára közel merőleges legyen.

C) A talphüvelyt az állótengelyhez rögzítjük.

| I. | II. | III. | | | IV. | V. | VI. |
|----------------|---------------------|-------------------------------------|---|---|------------------------------|--|--------------------------------|
| Szelvény száma | Poligon oldal jele: | A szelvénytűk koordinálása | | | Szelvénytűk csapása : (°) | Alkalmazott pontnégyyszög oldalhossza (mm) | Megjegyzés |
| | | Dőféspont távolsága fixponttól (cm) | Poligon oldal vízszintessel bezárt szöge (°)* | Szelvénytűk távolsága fixponttól (cm)** | | | |
| 1 | A—B | 0 | 5,3 | 0,0 | 180,0 | 500 | |
| 2 | A—B | 115 | 5,3 | 114,5 | 183,5 | 500 | Felvétel részletekben a—b—c |
| 3 | A—B | 202 | 5,3 | 201,1 | 170,0 | 1000 | |
| 4 | B—C | 93 | 8,7 | 91,9 | 172,5 | 500 | |
| 5 | B—C | 124 | 8,7 | 122,5 | 171,5 | 250 | |

* Meghatározása a sokszögvonal felvételénél történik.

** Számított kerekítendő érték.

18. ábra. Rendszeres fotogrammetrikus keresztjelvényezési jegyzőkönyv sémája. I: A szelvények száma a felvétel sorrendjében. II: A poligon-oldal jelölése a fixpontok számával a haladási irány szerint. III: A szelvénytűt a dőféspontnak a haladási irány szerint vett első fixponttól való távolságával koordináljuk, 1 cm-es pontossággal. IV: A szelvénytűk csapásának értékét a csapásvonal É-i iránnyal bezárt szögével fejezzük ki. A leolvasás az É-i tűvégen 0,5° pontossággal történik. V: Alkalmazott pontnégyyszög oldalhossza mm-ben. VI: A megjegyzés-rovatba a felvétel módjával kapcsolatos megjegyzések irandók.

Fig. 18. Scheme of the records of the regular photogrammetric survey of cross sections. I: Numbers of the cross sections in the order of surveying. II: Indication of the side of the polygon with the numbers of datum marks according to the direction of advance. III: The point of intersection is coordinated by determining its distance from the first datum mark in the direction of advance with precision of 1 cm. IV: The value of the trend of the cross section plane is expressed by the angle included between the latter and the direction to N. The reading on the northern end of the needle is effected with a precision of 0,5°. V: Side length of the applied point quadrangle in mm. VI: Under the heading „Notes”, the remarks concerning the procedure of surveying must be entered.

D) A fekvőtengely vízszintezése:

a) A baloldali Tumbler-kapcsolóval zárjuk a belső világítás áramkörét.

b) A talpcsavarok segítségével a fekvőtengellyel párhuzamos tengelyű csőlibella buborékját középre állítjuk, majd a belső világítást kikapcsoljuk.

E) A magassági kör elforgatásának dezorientálása:

a) A pecekszerkezet indexlemezét az irányító billentyűvel hátulsó állásba forgatjuk.

b) A hátrahúzott indexlemez rögzítjük a pecekszerkezet kötőcsavarjával.

F) Az alappont-jelölő szerkezeten a pontjelölést elcsavarással kiiktatjuk a sugárnyaláb útjából.

A felvétel lehetséges módjának meghatározása

A) A fotoprofilográf jobboldali Tumbler-kapcsolójával zárjuk a kollimátor fényforrásának áramkörét, meglazítjuk a magassági kör kötőcsavarját, ugyanakkor a fényképezőgépet felszereljük az állványára.

B) A kollimátort a szelvény egyik közepes távolságban levő kontúrpontjára irányítjuk, majd a kondenzor-lencse tubusának szabályozásával az izzószál képét élesre állítjuk.

C) A fényképezőgép beállításának céljából a szelvénykontúrt a kollimátor lassú elforgatásával 360° terjedelemben pontról-pontra megvilágítjuk.

D) A fényképezőgéppel mindenekelőtt lehetőleg olyan álláspontot keresünk a szelvény bármelyik oldalán, ahonnan a szelvény teljes területére való rálátás egy meghatározott gépállás mellett is biztosítva van.

E) Ha ilyen álláspont nem található, akkor második lépésként az előbbi vagy egy másik állásponton két, vagy több gépállás mellett egymást átfedő részletekben próbálunk rálátást találni a szelvény teljes területére, oly módon azonban, hogy a részletfelvételek az átfedések területén külön-külön a tervezett méretű pontnégyszöget is tartalmazzák.

F) Ha a fenti felvételi lehetőség sem áll fenn, akkor a teljes szelvény részletekben való felvételére két vagy több álláspontot kell keresni, akár a szelvényt is mindkét oldalán is.

G) Amennyiben így sem értünk célt, akkor eredményre vezethet olyan megoldás, ha az előbbi vagy más álláspontok összességén különböző gépállásokat veszünk fel.

H) Végül csakis akkor elégedhetünk meg többé vagy kevésbé hiányos szelvényképpel, ha a kipróbált részletfelvételi variációk azért nem megfelelőek, mert részletekben sem lehet rálátni a felvenni kívánt kontúrvonal minden egyes pontjára. Ha ugyanis csak azért nincs mód teljes felvételre, mert a pontnégyszöget nem lehet bevinni minden részletképbe, akkor a fotoprofilográf állásának kedvezőbb megválasztásával, ill. kiegészítő átfedéssel még közel azonos síkban is lehetőség nyílik 100%-os felvételre. Az első esetben azonban természetesen még egyszer el kell végezni a szelvényt is kijelölését.

I) A szelvényezési jegyzőkönyv megjegyzés (VI.) rovatában megjelöljük a felvétel lehetséges módját (18. ábra).

A szelvénytérbeli helyzetének meghatározása

A) A menetirány szerinti első fixpont és a szelvénytér dőléspontja közötti távolság megállapítása:

a) A kollimátort a kifeszített koordináta-zsinórra irányítjuk, majd a magassági kört a fekvőtengelyhez rögzítjük.

b) A leképezett izzószál képét a zsinóron élesre állítjuk.

c) A megvilágított zsinórszakasz középpontjában (vagyis a tulajdonképpeni dőléspontban) leolvassuk a menetirány szerinti első fixponttól való távolságot 1 cm-es pontossággal, majd a világitást kikapcsoljuk.

d) A leolvasott távolságot a jegyzőkönyv III. rovatában cm-ben kifejezve rögzítjük (18. ábra).

- B) A függőleges szelvényes csapásának meghatározása:
- a) Bekapcsoljuk a belső világítást.
 - b) A kompasz aretáló csavarjával a mágnesűt dezaretáljuk.
 - c) A mágnesűt É-i végén leolvassuk a szelvényes csapásának az É-i iránnyal bezárt szögét $0,5^\circ$ pontossággal, majd aretálunk és megszüntetjük a belső világítást.
 - d) A leolvasott csapásértéket a jegyzőkönyvben a IV. rovatban rögzítjük (18. ábra).

A felvétel végrehajtása

- A) A fotoprofilográf beállítása a tulajdonképpeni felvételre :
- a) Az orientációs berendezés indexlemezének vízszintezése céljából az elől álló talpcsavarok segítségével a fekvőtengelyre merőleges csőlibella buborékját is középre állítjuk, ugyanakkor ellenőrizzük a másik libella buborékjának helyes állását is.
 - b) Az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsővén beállítjuk azt a legnagyobb féltárlót, amely 360° -os elforgatáskor adott szelvény adott helyén elfér.
 - c) A kollimátor belső csőrendszerének forgatótárcsájával az izzószál képét a szelvény méretétől, a fal helyzetétől, érdekességétől és színétől függően vízszintes, ferde, vagy függőleges szögállásba forgatjuk.
 - d) A kollimátort függőlegesen lefelé irányítjuk.
- B) A fényképezőgép beállítása a tulajdonképpeni felvételre.
- a) Az állványra szerelt fényképezőgéppel felállunk azon az állásponton, ill. álláspontokon, ahonnan meghatározott gépállás, ill. gépállások mellett a felvenni kívánt szelvény területe teljes egészében, vagy részben a pontnégyszöggel együtt látszik. A további műveleteket tehát természetesen minden egyes teljes vagy részletfelvétel esetében el kell végezni.
 - b) Beállítjuk a távolságot és a fényrekeszt, majd az időállító gyűrűt T-állásba forgatjuk.
 - c) A keresőbe tekintve a szelvény kontúrvonalának gyors megvilágítása mellett megegyezően beállítjuk a már kikeresett optimális gépállást, majd a kollimátort függőlegesen lefelé irányítjuk és megszüntetjük a belső világítást.
 - d) Az exponáló szerkezetet felhúzzuk, majd kioldószinórral exponálva a fényzárt kinyitjuk, a felvétel egész időtartamára.
- C) A szelvénykontúr és a dőféspont megvilágítása. (Ezt a műveletet többrészes felvételnél minden egyes részletnél külön el kell végezni.)
- a) Bekapcsoljuk a kollimátor világítását.
 - b) A műszer mögött állva a kollimátort az óramutató járásával megegyezően átlag 1 perc alatt 360° -kal elforgatjuk. Mindez a szelvény alakjának, valamint a fal helyzetének, érdekességének és színének megfelelően változó sebességgel történik. Szükség esetén menetközben is állítjuk az izzószál képének élességét, ill. szögállását a kondenzor lencse tengely menti elmozgatásával, ill. a belső csőrendszer tengely körüli elforgatásával.
 - c) A kontúr- és dőféspont-megvilágítás után a világítást kikapcsoljuk és az objektívet fényvédő kupakkal takarjuk le.
- D) A pontnégyszög megvilágítása:
- a) A pontjelölést beforgatjuk, ill. beállítjuk a kollimátor optikai tengelyvonába és a kondenzor lencse, vagy a kollimátor belső csőrendszerének szabályozásával a

sugárnyaláb vastagságát a pontjelölés méretére szűkítjük. Ezt követően a pecekszerkezet kötőcsavarját meglazítjuk és ezáltal az indexlemez első állásba ugratjuk.

b) Az objektívről a fényvédő kupakot leemeljük.

c) Egymás után négyszer elvégezzük az alábbi műveletet: A kollimátort az óramutató járásával ellenkező irányban ütközésig elcsavarjuk. A pontjelölést a kollimátor fényforrásának bekapcsolásával átlag 3 másodpercnyi időtartamra megvilágítjuk.

d) A jegyzőkönyv V. rovatába feljegyezzük az alkalmazott pontnégyszög oldalhosszát (18. ábra).

E) A felvétel számozása:

A számozóbottal a szelvény síkjában a jegyzőkönyvileg is rögzített számot berajzoljuk. Többrészes felvételnél az egyes felvételeket azonos számmal és különböző betűjelzéssel látjuk el.

F) A fényképezőgép fényzárját zárjuk és a filmet továbbítjuk.

2. A kidolgozás menete

A szelvényfelvételek — mint már említettük — közönséges 35 mm széles negatív filmtekercsre készülnek. A kidolgozás a negatív filmről a transzformáló-asztallal és a felvételi objektívvel felszerelt nagyítógép segítségével kemény pozitív nagyítópapírra történik.

A kidolgozás menete a következő:

A képatalakítás végrehajtása

A) A felvett szelvények képeit tartalmazó negatív filmtekercsnek kidolgozni kívánt felvételét a nagyítógép megfelelő helyén üveglemezek közé szorítva rögzítjük.

B) A transzformáló-asztal képernyőjét közel vízszintes helyzetbe állítjuk.

C) A felvétel képét a képernyőn élesre állítjuk.

D) A bázissablont a szorítószalagok segítségével a képernyő felületére rögzítjük. Ez a művelet oly módon történik, hogy a sablonnégyzetek középpontja közel egybeesik a kivetített szelvénykép perspektívikusan torz pontnégyszöge átlóinak metszéspontjával. Ugyanakkor biztosítani kell azt is, hogy a sablonnégyzetek tetszőleges két szemben fekvő oldala párhuzamos legyen a transzformáló-asztal fekvő tengelyével.

E) A vetített pontnégyszöget — a negatívra leképezett méretétől függően — közelítőleg felnagyítjuk a képatalakítás végrehajtására alkalmas 5 vagy 10 cm-es oldalhosszúságú sablonnégyzet méretére.

F) A vetített és perspektívikusan torz pontnégyszög két egymás mellett, de egymástól legtávolabb fekvő pontját beállítjuk a képatalakítás végrehajtására kiválasztott sablonnégyzetnek a fekvőtengellyel párhuzamos egyik oldalán áthaladó egyenes vonalra. A beállítás a képernyőnek az állótengely körül való elforgatásával, ill. a bázissablon önmagával párhuzamos elmozgatása mellett oly módon történik, hogy a vetített pontnégyszög átlóinak metszéspontja továbbra is közel egybeesik a sablonnégyzetek középpontjával.

G) A sablon fenti egyenesére illesztett két vetített pontot egyeztetjük az egyenesen fekvő négyzetoldal sarokpontjaival. Ez a művelet a vetített pontnégyszög méretének finom szabályozásával, valamint a sablon csekély mértékű, önmagával párhuzamos elmozgatásával végezhető el, majd a vetített pontok képét élesre állítjuk.

H) A vetített torz pontnégyyszög másik két perspektivikusan közelebb eső pontját a kiválasztott sablonnégyzet szemben fekvő oldalán áthaladó egyenes vonalra illesztjük a képernyőnek a fekvőtengely mentén való elforgatásával. Ezzel a vetített és perspektivikusan torz pontnégyyszöget párhuzamos oldalakkal rendelkező közel rombusz-alakú pontnégyyszöggé alakítottuk át. A képernyőt a fekvőtengely mentén olyan irányban kell elforgatni, hogy a szóban forgó sablonnégyzetnek az az oldala kerüljön távolabb az objektív optikai középpontjától, amelyen áthaladó egyenesre az illesztés éppen történik.

I) A képernyőnek az állótengely körül való elforgatásával a vetített közel rombusz-alakú pontnégyyszöget szemmérték szerint közel négyzet alakúra alakítjuk át. Ez csak úgy érhető el, ha a képernyőt az állótengely mentén olyan irányban forgatjuk el, amelyik irányban a sablonpontok a vetített pontokhoz képest fekszenek. A képernyőnek állótengely menti elforgatásával azonban a sablon is elfordul a vetített pontnégyyszög képéhez képest.

J) A vetített pontnégyyszögnek négyzet alakra való pontos beállítása a fentiek miatt a továbbiakban már próbálgatással történik: A bázissablon visszaforgatása után a kb. négyzet alakúra beállított vetített pontnégyyszög pontjait a sablonnégyzet sarokpontjaival közelítőleg egyeztetjük. Ezután a vetített pontnégyyszög méretének finom szabályozásával, a képernyőnek az álló és fekvőtengely körül való finom elforgatásával, valamint a bázissablon csekély mértékű elmozgatásával pontosan egyeztetjük a vetített és sablonpontokat.

K) A képátalakítás végrehajtása után a transzformáló-asztal képernyőjét az adott állásban rögzítjük.

L) Kiegészítő megoldás esetén a pontnégyyszög nélküli részletkép átalakítása a következőképpen történik:

a) A csatlakozó és pontnégyyszöget tartalmazó negatív részletfelvételtől megfelelő képátalakítással két különböző pozitív kép készítenő. Elő kell állítani egyrészt a kívánt végleges méretű teljes pozitív részletképet, másrészt készíteni kell e felvétel átfedési részéből olyan méretű nagyított pozitív képet is, amilyen nagyításban e felvételt átalakítottuk.

b) A csatlakozó részletfelvétel átfedési részének pozitív képét a transzformáló asztal képernyőjére rögzítjük.

c) A pontnégyyszög nélküli részletfelvétel képét kivetítjük a képernyőre. Méretének szabályozásával, valamint a transzformáló-asztal képernyőjének vízszintes, ill. függőleges tengely mentén való elforgatásával és a csatlakozó pozitív képrészlet megfelelő elmozgatásával a pontnégyyszög nélküli részletfelvétel kontúrvonalának átfedési szakaszát egyeztetjük a csatlakozó pozitív kép kontúrvonalának megfelelő átfedési szakaszával.

d) A képátalakítás ilyen módon való végrehajtása után a transzformáló-asztal képernyőjét az adott állásban rögzítjük.

A méret beállítása

A) A pontnégyyszöget tartalmazó részletkép alappontjait a transzformáló-asztal képernyőjének rögzített állása mellett a sablon kívánt méretű négyzetének sarokpontjaival egyezésbe hozzuk. Az egyeztetés a pontnégyyszög négyzet alakú vetített képének megfelelő mértékű lekicsinyítésével történik.

B) A pontnégyyszög nélküli részletfelvétel kontúrvonalának átfedési szakaszát a csatlakozó végleges méretű teljes pozitív képrészlet átfedési kontúrvonal szakaszával egyeztetjük méretének megfelelő lekicsinyítésével.

A pozitív kép elkészítése

A képátalakítás és méretre hozás után a fényrekeszt az átalakítás mértékének megfelelően leszűkítjük. A képernyő felületére a bázissablon helyére pozitív nagyítópapírt helyezünk. Megfelelő ideig tartó megvilágítás, előhívás és fixálás után a kívánt méretű, méret- és alakhű szelvénykép, ill. részletkép birtokába jutunk.

A szelvénykép összeillesztése

A) Amennyiben részletekben készült a szelvénykép, akkor a fentieknek megfelelően az illesztés az alábbi két módon történik:

a) Ha részletképek mindegyike tartalmaz pontnégyyszöget, akkor az alappontok képét az illesztőkereten beágyazott tűhegyekkel azonos keresztmetszetű tűvel átszúrjuk és a részletképeket rendre az illesztőkeret megfelelő méretű tűnégyyszögébe süllyesztjük. A részletképek egymásrahalmazása közben az egyes képekből a szükségtelen részeket kivágjuk. Az illesztőkereten egymás fölé rögzített képeket összeragasztva a felvett szelvény teljes pozitív képét nyerjük.

b) Ha valamelyik részletkép nem tartalmaz pontnégyyszöget, akkor ezt a pontnégyyszöget tartalmazó csatlakozó részletképhez az alábbi módon kapcsoljuk: a megfelelő átfedési kontúrvonal-szakaszon kiválasztunk legalább 2–2 jellemző töréspontot. E pontokat tűvel átszúrjuk, majd a megfelelő pontokat gombostűk segítségével parafalapon egymás fölé rögzítjük. E művelet közben a szükségtelen részeket szintén eltávolítjuk, majd a részletképeket összeragasztjuk. Gondos munka esetén ilyen módon is a módszertől megkívánt pontossággal készíthetjük el valamely felvett szelvény teljes pozitív képét.

VI. A PONTOSSÁGI VISZONYOK VIZSGÁLATA

A fotogrammetrikus keresztshelvényezés alkalmazásának egyik alapvető feltétele, hogy elérje azt a pontosságot, amelyre a shelvények felhasználásánál szükség van. Ezért tisztázni kell a felhasználási területeken felmerülő pontossági igényeket, majd meg kell vizsgálni azt, hogy a módszer jelen formájában mennyire megbízható, azaz milyen pontossággal használható.

A barlangüregekről felvett keresztshelvények felhasználása meglehetősen széleskörű, azonban, mint láttuk, általában két fő csoportra osztható:

- A) szpeleometriai felhasználás és
- B) szpeleológiai felhasználás.

A) *Szpeleometriai felhasználáson* a shelvények által szolgáltatott adatoknak a barlangtérképezésen belüli alkalmazását értjük. A shelvényekről ugyanis olyan méretek vehetők le, amelyek elsősorban a barlang térképének, tehát vetületi alaprajzának elkészítésénél használhatók fel. A vetületi alaprajz a barlangüregek vízszintes síkon nyert

ortogonális vetülete, ami a barlangtérképen az üreg kontúrvonalaként jelentkezik. A cél az, hogy a helyettesítő, azaz a szelvényekből kapott méretek pontossága megegyezzen az effektív elvégzett eddigi távolságmérések pontosságával, ill. a barlangtérképeken megkívánt pontosságnak megfelelően. A vetületi alaprajz pontossága eleve nem lehet nagyobb, mint a szerkesztés elérhető legnagyobb pontossága. Tekintve, hogy a távolságok térképi felrakása – részletmérési adatokról lévén szó – egyszerű léptékes vonalzóval történik, a rajzolás, ill. a térkép legkedvezőbb középphibája sem lehet $\pm 0,2$ mm-nél kisebb. Barlangtérképeink optimális méretaránya $M = 1:200$, amiből nyilvánvaló, hogy a szerkesztés bizonytalansága ez esetben a természetbeni távolságok ± 40 mm-es középphibájú mérését engedi meg.

Lényegében ugyanez a helyzet, ha a keresztszelvényekből a barlang függőleges síkra vetített hosszvetületét kell elkészíteni. A barlangi felméréssel és térképezéssel kapcsolatban álló egyéb műveletek (talajidomvonalak szerkesztése, makett készítés, stb.) pontossági igényei lényegesen kisebbek a fentiekben megadott értékeknél, ezért összefoglalva megállapítható, hogy ha a szelvényekről nyert adatoknak ± 40 mm-es középphibájú meghatározása lehetséges, a módszer elfogadható.

B) Szpeleológiai felhasználáson lényegében a szelvényről nyerhető adatoknak speciális barlangtudományi szempontok alapján történő alkalmazását értjük. Főleg morfológiai, tektonikai, hidrológiai jellegű vonatkozások állapíthatók meg egy-egy szelvénytől. Mindez általában barlanggenetikai szempontból jelentős. Az igényelt pontosság ezen a téren – mint láttuk – 1 hibaszázalék, tehát átlagos méretű szelvényeket figyelembe véve lényegesen kisebb, mint a szpeleometriai szempontok alapján megállapított pontossági igény.

A fotogrammetrikus szelvényező módszer pontossági vizsgálatát két fő szempontra kell kiterjeszteni:

1. Foglalkozni kell a szelvénytérkép térbeli rögzítésének pontosságával, azaz a felvenni kívánt szelvénytérkép kijelölésével kapcsolatos műveletek pontosságának vizsgálatával.
2. Megvizsgálandó magának a felvett szelvényrajznak a megbízhatósága, azaz a szelvény bármely két tetszőleges kontúrponthoz tartozó távolság meghatározásának pontossága.

1. A szelvénytérkép térbeli rögzítésének pontossága

A szelvénytérkép térbeli rögzítése a sík csapásának meghatározásából, függőlegessítéséből, dőléspontjának kijelöléséből ill. tájolásából áll.

A szelvénytérkép csapását a fotoprofilográfba beépített kompasz segítségével határozzuk meg. A kompasz leolvasási pontosságának olyannak kell lennie, hogy a szelvény térképre való felrakása, ill. a térképezésnél a csapásvonal felhordása a felvételi lapra a szerkesztési pontosságon belül történhessen. Láttuk, hogy a szerkesztés gyakorlatilag $\pm 0,2$ mm-es középphibával történhet. $M = 1:200$ optimális méretarány mellett ez $\varepsilon = \pm 120$ mm-es maximálisan tűrhető hibát jelent a természetben. $S = 10$ m-es átlagos barlangfolyosó-szélesség mellett a megengedett legnagyobb szöghiba (19. ábra):

$$\varepsilon_{\varphi} = \arctg \frac{2 \cdot \varepsilon}{S}$$

ami közel $1,5^\circ$ -ot tesz ki. (A képlet szigorúan csak a szelvénytérképekre merőleges bar-

langfalak és a szelvény súlypontjában álló műszer esetére érvényes.) Ebből az következik, hogy a fotoprofilográf kompaszán a félfokos leolvasási határérték teljesen megfelelő.

A szelvénytípus dőlésszögét 90 fok-nak vettük fel, azaz a szelvényt éppen függőlegesen kell kijelölni. A függőlegesítés a műszer fekvőtengelyével párhuzamos csőlibella vízszintezésével történik 1' érzékenyséű libellával. Ha a műszer hibátlan, akkor a szelvény függőlegessége is biztosítva van hasonló érzékenységgel. A megkívánt pontosság a jelen esetben is az előzőkhöz hasonló módon számítható. Az igényelt pontosságot a műszer messze-menően kielégíti.

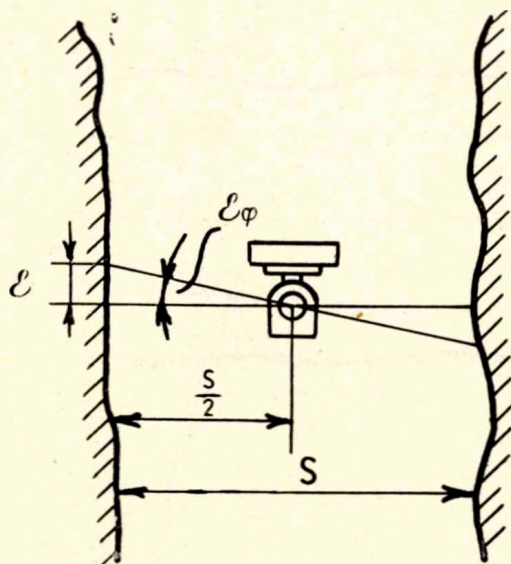
Abban az esetben, ha esetleg tengelyferdeség áll fenn, azaz a fekvőtengely nem pontosan vízszintes, a vetített szelvény sem lesz függőleges. A műszer megvizsgálása úgy történik, hogy magas falra egy felső és egy alsó pontra vetítjük a fénysugarat. Ha a két pont egy függőlegesbe esik, a műszer hibátlan. Ellenkező esetben a műszert igazítani kell.

Amennyiben a fotoprofilográf fekvőtengelye nem pontosan merőleges az optikai tengelyre, kúpos fénysugár jön létre, s ez hibát okozhat a szelvény függőleges kijelölésében, ha a műszer nem az üreg középpontjában áll, vagy ha a barlangjárat határfelülete kis távolságon belül aszimmetrikusan változik (20. ábra). A műszer ilyen értelmű megvizsgálását a későbbiekben fogjuk ismertetni.

A szelvény kapcsolása a poligonhoz a barlang felmérése során a koordináta-zsinór segítségével reprodukált poligon oldalnak a szelvény síkjában megvilágított dőléspontja segítségével történik. A dőléspont kijelölése, ill. meghatározása szintén a szerkesztési pontosságon belül kell, hogy történjék. A dőléspont kijelölését a valóságban 1 cm-es pontossággal végezzük el. Ez a pontosság a szerkesztés szempontjából teljesen kielégítő.

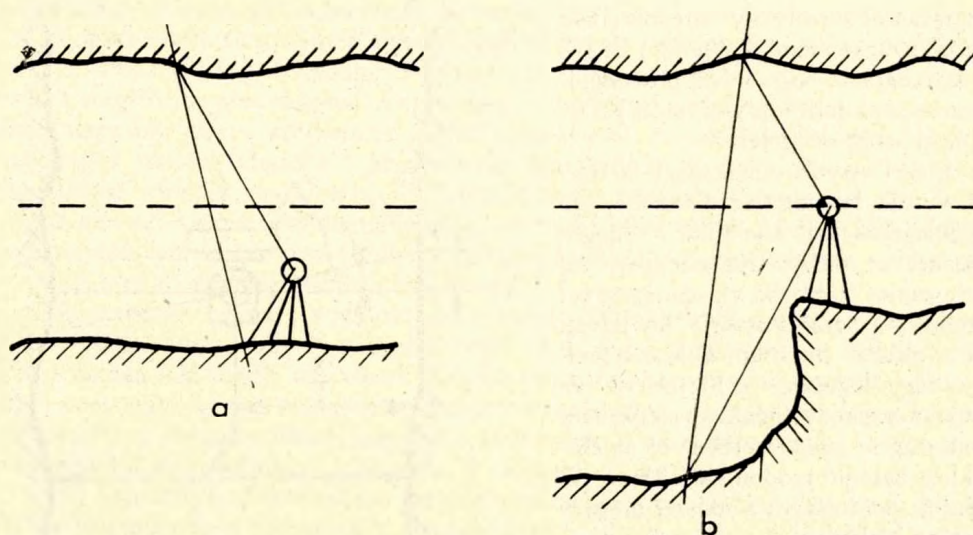
A felvételen a vízszintes, ill. függőleges irányokat a pontnégyszög párhuzamos oldalai jelölik ki. Az irányok pontos kijelölését mindenekelőtt a műszer szabatos szerkesztése teszi lehetővé. A műszer vízszintezése után a tájolás 1' érzékenységgel történhet meg, ami a célnak teljesen megfelelő. A pontnégyszög méreteit közvetlen le-méréssel lehet ellenőrizni.

Az alappont-jelölő szerkezet teleszkópcsőve azonban nem teljesen merev és így a cső saját súlya és a pontjelölés súlya miatt különböző állásokban különböző mértékben lehajlik s a műszer szabatos működtetése esetén is négyzet alakú pontnégyszög helyett közel trapéz alakú pontnégyszöget kapunk. Ez a hiba zavarhatja a tájolást, befolyásolhatja a képtárolást és a pontos méretrehozást is megnehezítheti. Ez a



19. ábra. A megengedhető maximális szöghiba leve-zése a szelvénytípus csapásának meghatározásánál.

Fig. 19. Deduction of the largest admissible angular error in the determination of the end of the cross section plane.



20. ábra. A kúpos fényvetítésből eredő függőlegesítési hiba két esete. *a*: ha a műszer nem az üreg középpontjában áll, *b*: ha a műszer az üreg középpontjában áll, de a barlangjárat határfelülete kis távolságon belül aszimmetrikusan változik.

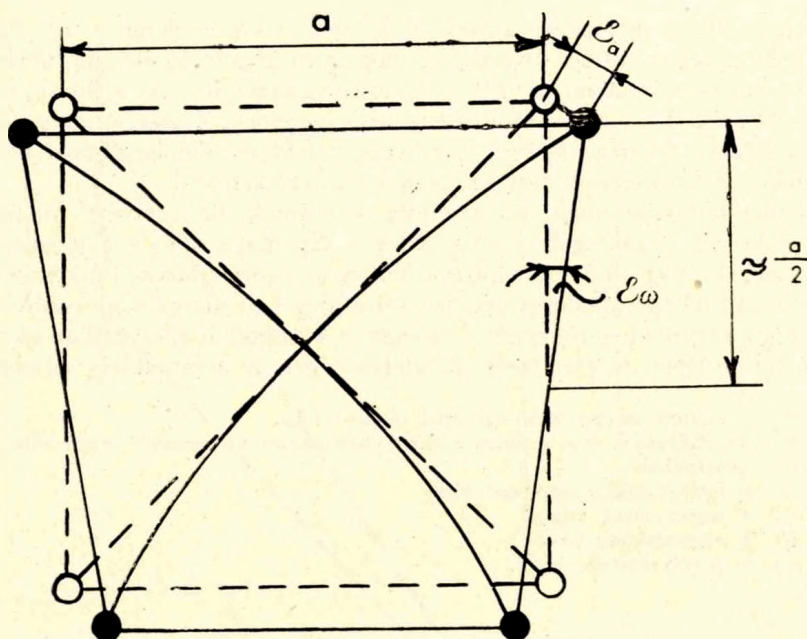
Fig. 20. Two alternatives of the verticalizing error deriving from the projection of light cone. *a*: when the instrument stands apart the centre of the cavity, *b*: when the instrument stands in the centre of the cavity, but the boundary surface of the cave gallery changes asymmetrically within small distances.

hiba kedvezőtlen esetben eléggé jelentős mértékű lehetne. A hiba fellépésének határt szab azonban az, hogy az ütközőcsapoknak megfelelő csekély mértékű ellentett helyzetű trapéz-alakra való beállításával ± 2 mm-es pontossággal kompenzálható a pontnégyszög lehajlásból eredő torzulása. Ez a szélső esetben ± 2 mm-es maximális hiba az $a = 1000$ mm-es oldalhosszúságú pontnégyszög esetén (21. ábra):

$$\epsilon_{\omega} \approx \arctg \frac{\sqrt{2} \cdot \epsilon_a}{a}$$

képlet szerint 9–10 perc szöghibát eredményez. Ez a képlet adja közelítően a tájolás maximális hibáját, ahol ϵ_a a pontjelölés beállítási hibája, a pedig a pontnégyszög oldalhosszúsága. A tájolás szöghibáját (ϵ_{ω}) összehasonlítva a csapásmeghatározásnál levezetett (ϵ_{φ}) megengedett szöghibával, megállapítható, hogy a tájolás hibája annál lényegesen kisebb, tehát a pontjelölés megfelelő pontossággal állítható be a kívánt méretű pontnégyszög sarokpontjaira.

A teleszkópcső lehajlásából eredő hiba kompenzálása után is megmaradó maximálisan ± 2 mm-es bizonytalanság miatt a pontnégyszög kismértékben még trapéz alakot mutathat. A szelvényekben a kívánt négyzet helyett ilyen módon létrehozott hibás trapéz alakot a képátalakítás során négyzetté alakítjuk s ezzel a képátalakítás szögében is követünk el bizonyos csekély hibát, ami megnövekedve a szelvényre is kihat. A képátalakítás szöghibáját azonban — a részletesebb vizsgálatok közlésének mellőzésével — közel egyenlőnek vehetjük a tájolás szöghibájával és ezért a fenti körülmény a megkívánt pontosságot nem befolyásolja zavaróan.



21. ábra. A teleszkópcső lehajlásából származó tájolási (orientációs) hiba számítása.
Fig. 21. Calculation of the orientation error deriving from the inclination of the telescope.

Ugyancsak elhanyagolható a pontjelölés beállítási bizonytalanságából származó hiba hatása a méretezhözánál is, hiszen a feldolgozás méretarányában a hiba hatása a 0,2 mm-es szerkesztési pontosságon belüli értékkel jelentkezik csupán. A tájolás hibáinak, ill. a pontnégyszög hibás alakjának megállapítása teodolit segítségével kellő pontossággal elvégezhető, a pontnégyszög oldalainak a műszer vízszintes és függőleges irányzálaival történő összehasonlításával.

2. A kontúrpontok közötti távolság meghatározásának pontossága

Vizsgáljuk meg, hogy a rögzített pontossági igények kielégítésére a gyakorlatban milyen lehetőségeink vannak. Hazai barlangjaink átlagos szelvénymérete a 10x10 m-es területnél nem nagyobb. Lényegében tehát ilyen méretű szelvény leképezése kell, hogy megtörténjék a kisfilmes fényképezőgép 24x36 mm-es képnagyságára. Durva közelítéssel a képet 20x20 mm-esnek feltételezve az átlagos kicsinyítés 500-szorosnak vehető. A negatívról így levehető távolságok meghatározása $\pm 0,2$ mm-es középhibával történhet, ami ± 100 mm-es természetbeni középhibát jelent a megengedhető ± 40 mm-rel szemben. Ezért sem lehet a negatívról közvetlenül méreteket levenni, hanem azt fel kell nagyítani annyira, hogy a kicsinyítés csupán kb. 100-szoros legyen. Természetesen ez a kb. ötszörös nagyítás csupán kedvezőbb mérési feltételeket teremt, azonban a pontosságot jelentős mértékben nem növelheti, mivel a nagyítás során a felvételt terhelő hibákat is felnagyítjuk, nem beszélve arról, hogy maga a nagyítás is újabb hibákkal terheli a felvételt.

Az egyes adatok meghatározásának $\pm 0,2$ mm-es középhibája $\pm 0,5$ – $0,6$ mm-es maximális hibát jelent. Ebből következik, hogy a meghatározó elemek, tehát a pont, vagy vonal képe maximálisan az $1,0$ – $1,2$ mm-es vastagságig, ill. átmérőig fogadható el, tekintettel arra, hogy ezek középvonala, ill. középpontja felezéssel még jól meghatározható. Elvileg tehát az igényelt pontosság a felvétel kidolgozásánál betartható, sőt a feldolgozás körülményei még kedvezőeknek is mondhatók.

Az elmondottak azonban arra az esetre érvényesek, ha a felvétel hibátlan. Feltehetően szükséges megvizsgálni azt is, hogy a kép maga nincs-e a megengedettnél nagyobb, megelőzőleg elkövetett hibával terhelve. Ezért a felvétel elkészítése és kidolgozása során fellépő hibalehetőségeket sorra meg kell vizsgálnunk abból a szempontból, hogy a fentiekben rögzített ± 40 mm-es középhibát a felvétel az adott méretarányban túl ne lépje. A jelentősebb hibalehetőségek az alábbiakban sorolhatók fel:

- A) A vetített fénysáv szélessége által okozott hiba.
- B) Az alappontok és a szelvény síkjának párhuzamos eltérüléséből eredő hiba.
- C) Lencsehibák.
- D) A fényképezőgép szerkezeti hibái.
- E) A negatívanyag hibái.
- F) A képátalakítás hibái.
- G) A pozitív-készítés hibái.

A vetített fénysáv szélessége által okozott hiba

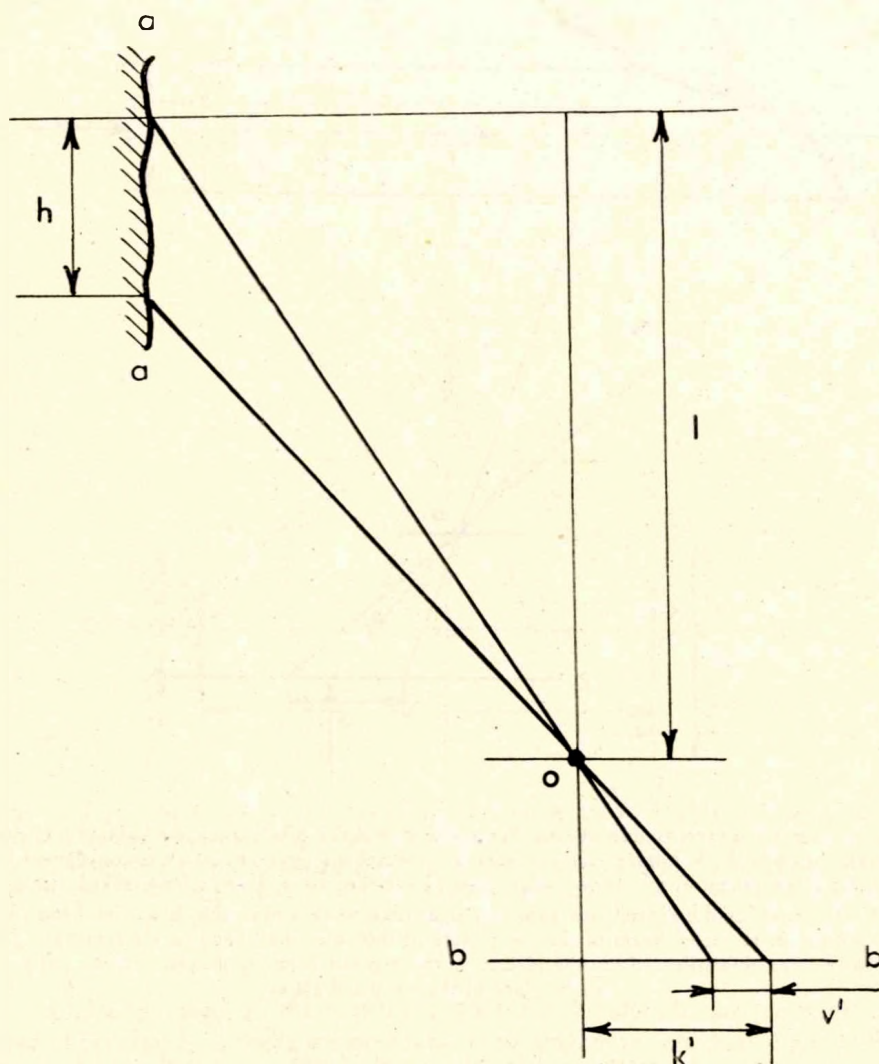
A vetített fénysáv szélessége több tényezőtől függ: a beállítástól, a barlangfal és a vetítőberendezés távolságától, a vetítési fénysugár beesési szögétől, a szelvénytől és fényképezőgép távolságától stb. A negatívon jelentkező fénysáv szélessége ezenkívül függ még a kollimátor körülforгатásának sebességétől, a filmanyagtól, a fényerősségtől stb. Ezeket a tényezőket a gyakorlatban könnyűszerrel meg lehet változtatni oly módon, hogy az a feldolgozást legjobban elősegítse. Csupán arra kell figyelmet fordítani, hogy a fénysáv szélessége a felvételen a megfelelő kinagyítás után se lépje túl a maximális $1,2$ mm-es vastagságot. A 22. ábra alapján, ha a barlangfal a szelvény síkjára közel merőleges, a megengedhető maximális fénysáv szélesség (h) értéke:

$$h = l \cdot \frac{v'}{k'}$$

ahol l a szelvénytől az objektívtől mért távolsága, v' a fénysávnak a megfelelő méretarányra kinagyított képén jelentkező mérete, k' pedig ugyanazon nagyítás mellett mutatózó fél képszélesség. Mivel v' értéke a kísérletek szerint $0,5$ mm körüli érték, a képszélesség pedig nagyítás után $2 k' = 10$ cm, az átlagos fénysáv szélesség

$$h \approx \frac{1}{100} \cdot l$$

l értéke a gyakorlatban $2,5$ – 15 m között változik, ezért az előállítandó fénysáv szélesség 25 – 150 mm között változhat, attól függően, hogy a felvétel közelebről vagy távolabbról készült. Természetesen a képlet szigorúan csak a szelvénytől merőleges barlangfalakra vonatkozik. A számított h értéket csökkenteni kell, ha a barlang a kamara irányában távolodik, és növelni kell bizonyos határig, ha a kamara irányában szű-

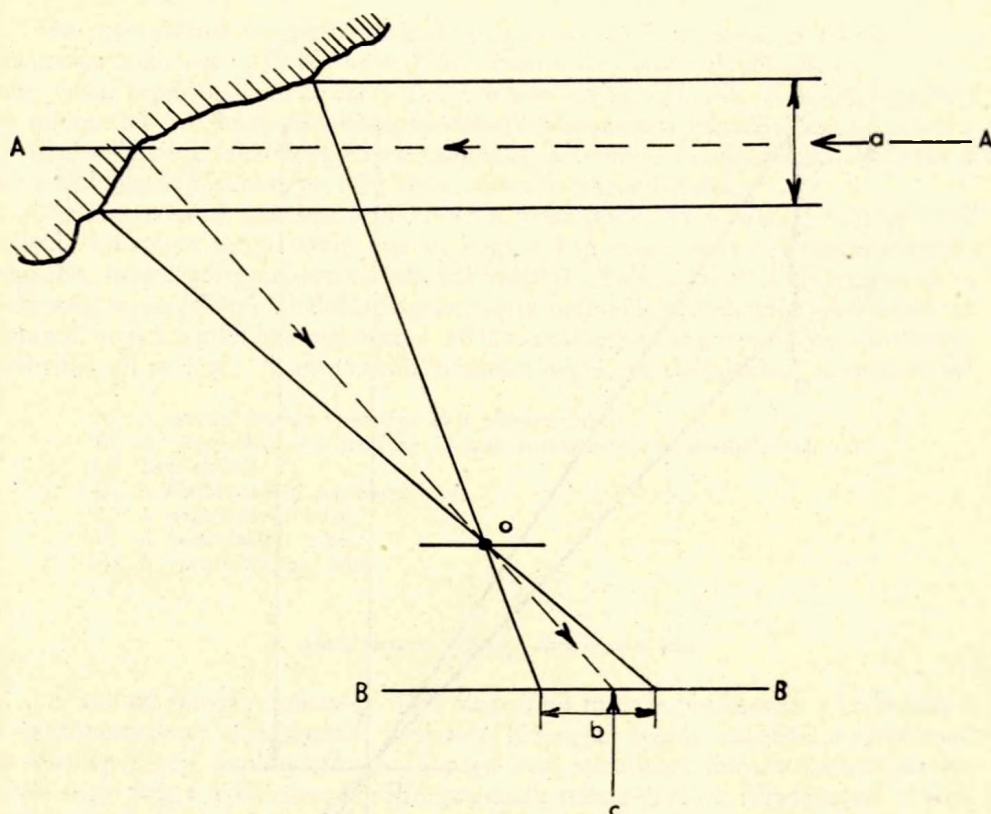


22. ábra. A megengedhető maximális fénycsík szélesség számítása. $a-a$: a barlangfal vízszintes vetületének részlete, $b-b$: a fényérzékeny lemez síkja.

Fig. 22. Calculation of the largest admissible width of the light band. $a-a$: portion of the horizontal projection of the cave wall, $b-b$: plane of the sensitized plate.

kül. Mint a fenti képlet is mutatja, előnyösebb a nagyobb távolságról készített felvétel a megvilágítás hibáinak kiküszöbölése szempontjából. Ez ugyan együtt jár a képtér nem teljes kihasználásával, azonban, mint később látni fogjuk, ez a lencsehibák csökkentése szempontjából is kívánatos.

A megvilágításnál hibalehetőséget jelent az is, hogy a kollimátor által létrehozott sugárnyalábnak a tulajdonképpeni szelvény síkban haladó sugársora nem minden esetben metszi a barlangfalat a vetített sáv középvonalában (23. ábra). Ez a hiba a barlangfal egyenetlensége, hajlása, színeltérése, fényvisszaverő képessége változásának



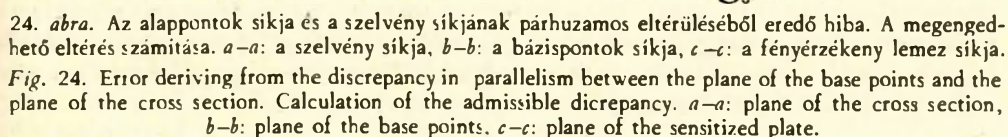
23. ábra. A felvételen nyert kontúrvonal-sávban a közép vonal és a tulajdonképpeni kontúrvonal eltérésre. *a*: vetített sugárnyaláb, *b*: kontúrvonal-sáv képe a fényérzékeny lemezen, *c*: a tulajdonképpeni kontúrvonal helye a megvilágított sáv képén belül, A-A: a szelvény síkja, B-B: a fényérzékeny lemez síkja, Fig. 23. Deviation of the central line and the proper object-line within the object-line band obtained on the picture, *a*: projected beam of rays, *b*: picture of the object-line band on the sensitized plate, *c*: site of the proper object-line within the picture of the exposed band, A-A: plane of the cross section, B-B: plane of the sensitized plate.

függvényében változik. A hiba kedvezőtlen esetben több tízed millimétert is elérhet. Kiküszöbölésére két mód kínálkozik: vagy csökkenteni kell a barlangfalra vetített fénysáv vastagságát, vagy pedig növelni kell a fényképezés távolságát, olyanira, hogy a fénysáv képe (azaz a kontúrvonal vastagsága) a 0,6 mm-t ne lépje túl.

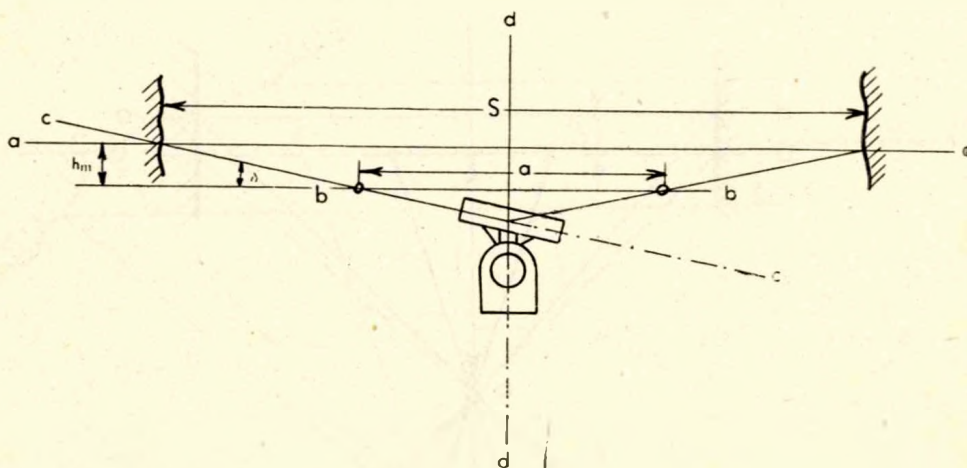
Az alappontok és a szelvény síkjának párhuzamos eltéréseiből eredő hiba

Ha az alappontok síkja párhuzamos a szelvény síkjával, de nem esik abba bele, a fotogrammetriában „magassági torzítás” néven ismert hibához hasonló hiba keletkezik (24. ábra). A maximális hiba az ábra alapján:

$$\varepsilon_v' = \frac{\varepsilon_h \cdot K'}{2 \cdot l}$$


$$h_m = 2 \cdot l \frac{\varepsilon v'}{K'}$$
$$h_m [\text{mm}] = l [\text{cm}]$$

127



25. ábra. A fotoprofilográf kollimátora optikai tengelyének és a fekvőtengelyének nem merőleges voltából eredő kúpos vetítési hiba. A megengedhető szöghiba számítása. $a-a$: a szelvény síkja, $b-b$: a pontnégyszög síkja, $c-c$: a kollimátor optikai tengelye, $d-d$: fekvőtengely.

Fig. 25. Error in projection of light cone deriving from non-perpendicularity of the optical axis of the collimator of the photoprofilograph to the horizontal axis. Calculation of the admissible angular error. $a-a$: plane of the cross section, $b-b$: plane of the point quadratic, $c-c$: optical axis of the collimator, $d-d$: horizontal axis.

A hiba elkövetésének oka az lehet, hogy a fotoprofilográf kollimátorának optikai tengelye és fekvőtengelye nem merőlegesek egymásra, hanem attól valami δ szögű eltérés mutatkozik (25. ábra). Ilyen esetben ugyanis a vetített fénysugár sík helyett kúpot ír le. Ha a barlangüreg, ill. a szelvény szélességét S -sel, a pontnégyszög oldalhosszát a -val, a szelvényt és az alappontok síkja közötti még megengedhető távolságot h_m -el jelöljük, a megengedhető szöghiba maximális értéke:

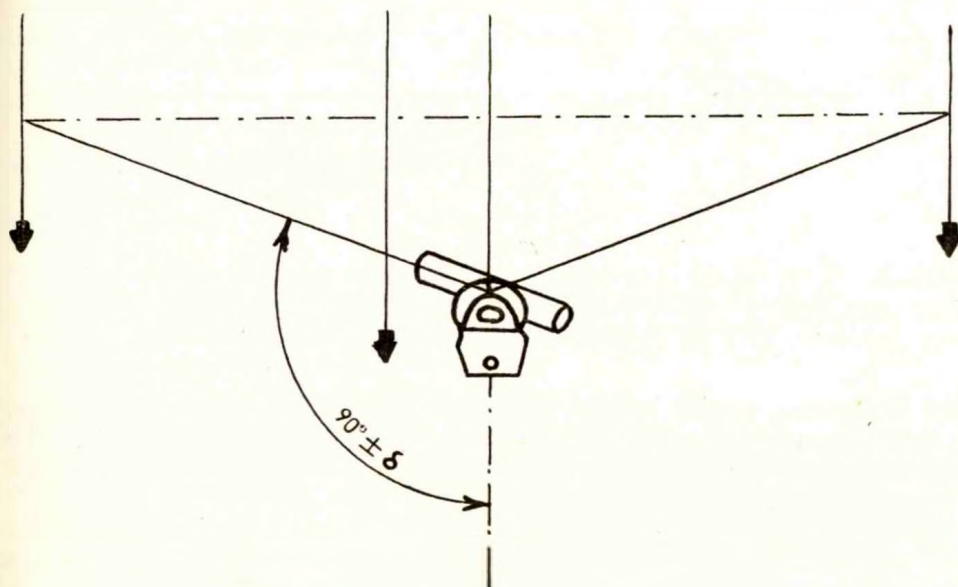
$$\delta_m = \arctg \frac{2h_m}{S-a}$$

A képlet szigorúan csak a szelvényt merőleges barlangfalak és a szelvény súlypontjában álló műszer esetére érvényes.

A képlet alapján a legkedvezőtlenebb esetet figyelembevéve is megengedhető a kb. $\pm 30'$ -es szöghiba. Ez azt mutatja, hogy a vetítő műszer ebből a szempontból nem igényel túlzottan szabatos szerkesztést és kivitelezést.

A hiba megállapítása, azaz a műszer vizsgálata úgy történik, hogy élesre állított fényjellel a műszertől kb. 10–10 m távolságra a 26. ábra szerinti elrendezésre függőket állítunk be a vetítési irányokba, majd egy harmadik függőt közvetlenül a műszer kollimátora elé is beintünk. Ha a három függő egy egyenesbe esik, a műszer hibátlan, azaz a műszer által vetített fénysugár függőleges síkban mozog. Ha a függők közötti eltérés az előzőekben megadott h_m értéket, tehát az 50 mm-t nem haladja meg, a műszer még használható, ellenkező esetben azt igazítani kell.

Meg kell jegyeznünk, hogy a vizsgálat kellő szabotossággal csak úgy végezhető el, ha a kivetített sugárnyaláb középpontja egyértelműen meghatározható. Ennek érdekében a vizsgálatkor vagy pontszerűre kell csökkenteni a vetített fénysugár kiterjedését,



26. ábra. A fotoprofilográf vizsgálata a kúpos vetítés megállapításakor.

Fig. 26. Examination of the photoprofilograph in determining the projection of light cone.

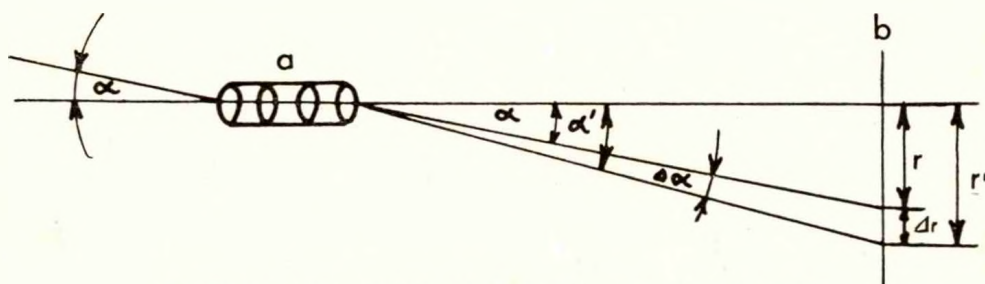
vagy pedig a kollimátorba épített megfelelő diafragmával gondoskodni kell a közép-pont megbízható megjelöléséről.

Hasonló hibalehetőséget jelent az is, ha az alappont jelölés nem kerül bele az optikai tengelybe. Ez a hiba azonban elhanyagolhatóan kicsiny, mivel a műszer felállítása után a pontjelölést 1–2 mm-es nagyságrendű pontossággal lehet beállítani a sugárnyaláb útjába. Nagyobb hibát nem lehet elkövetni, mert bár a beállítás kézzel, szem-mértékre történik, a pontjelölés nagyobb kitérése esetén a sugárnyaláb azt jól láthatóan csak részben világítja meg, tehát a felvételekre hibás adat eleve nem kerülhet. Ez a beállítási lehetőség az igényeket messzemenően kielégíti.

Lencsehibák

A fényképezőgépek optikai berendezéseinek hibái jelentős mértékben befolyásolhatják a leképezés pontosságát, ezért ezeket is vizsgálat tárgyává kell tenni. Az ún. lencsehibák hatása két dologban jelentkezik: egyrészt károsan befolyásolják a kép élességét, azaz megnehezítik a méretek pontos levételét, másrészt – és ez a lényegesebb – a tárgyak képét torzítva adhatják vissza, a kontúrokat elrajzolhatják, azaz a méreteket hibával is terhelhetik távolságban és szögértékben egyaránt.

A diszperzió, a szférikus aberráció, a koma, a képöblösség, az asztigmatizmus és az ún. fényfolt, mint hibalehetőségek általában csak képéletlenséget okozhatnak, ami az 1,2 mm-es maximális felhasználható méretek figyelembevételével nem lehet túlzottan káros a szelvénykép-kiértékelés megbízhatóságának szempontjából. Ezzel szemben a torzítás, ill. elrajzolást okozó lencsehiba az ún. disztorzio már alaposabb vizsgálat tárgyát kell hogy képezze. Ismeretes, hogy a disztorzióból eredő elrajzolás a kép

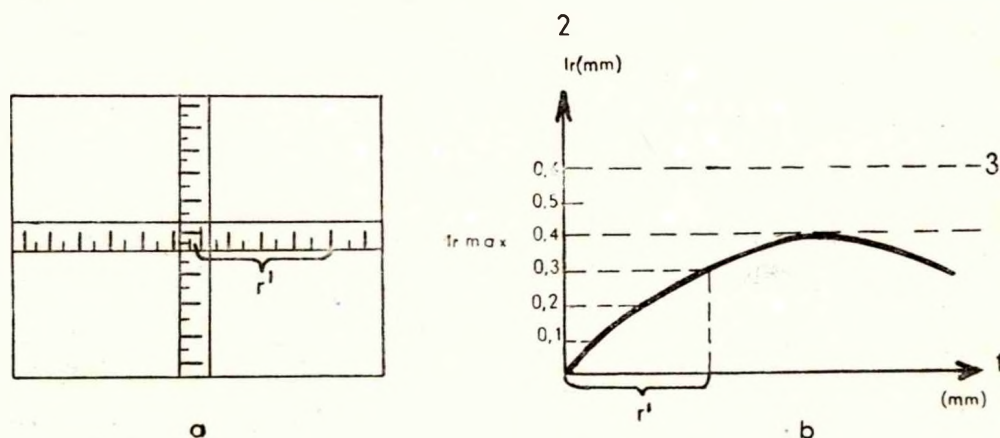


27. ábra. A disztorziós hiba számítása. a: lencse-rendszer, b: képsík.
Fig. 27. Calculation of the distortion error. a: lens system, b: picture plane.

szélén futó egyenes vonalak homorú, ill. domború elhajlásában jelentkezik. Oka az, hogy az objektív nagyítása a kép különböző pontjaiban nem egyforma, s így a lencsébe belépő fénysugarak a lencserendszer optikai tengelyével más és más szöget zárhatnak be, mint a kilépő fénysugár (27. ábra).

Ha a fénysugarak $\alpha' - \alpha = \Delta\alpha$ értékkel változtatják meg irányukat, a felvételen ez $r' - r = \Delta r$ eltérést mutat. A Δr elrajzolások r -rel nem arányosak, azonban a lencse csiszolásának megfelelően a kép főpontjai körül köralakban értékük közel azonosnak vehető. Az elrajzolás a kép főpontjában, azaz középpontjában 0-val egyenlő.

A fényképezőgép megvizsgálása úgy történik, hogy különböző távolságokból egymásra merőlegesen elhelyezett mm, vagy cm beosztású léceket (szintezőléc) fényképezünk le, úgy, hogy a lécek kereszteződési pontja a képközéppontra essék s a lécek által meghatározott sík a képsíkkal párhuzamos legyen. A két főirányban a lécek megfelelő osztásainak névleges értéke és a fényképről lemérhető méret természetbeni megfelelőjének különbsége a torzítás értékét pontról-pontra megadja. A vizsgálat eredményeképpen ezekből az adatokból grafikon készíthető, amely a 28. ábrához hasonló



28. ábra. A fényképezőgép disztorziós vizsgálata. a: a disztorziós hiba megállapításának módja, b: disztorziós hibák értékelése grafikonnal. 1: vízszintes főirány, 2: elrajzolás mértéke, 3: a megengedett elrajzolási hiba felső határa.

Fig. 28. Examination of the distortion of the camera. a: determination of the distortion error, b: plotting of the distortion errors, 1: horizontal mean direction, 2: grade of the distortion, 3: upper limit of the admissible distortion error.

görbét ad. A grafikon mindkét főirányra vonatkozóan külön-külön készítendő el. A görbe megmutatja, hogy a torzítás nagysága túllépi-e a maximális hiba értékét, a 0,6 mm-t, természetesen a kidolgozás méretarányában.

A disztorziós hiba a lencserendszer egyenetlen kiképzésén kívül a fókusz távolságtól is függ. A 27. ábra alapján ugyanis írható:

$$\Delta r = r' - f \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

amiből az következik, hogy a fókusz távolság növelésével a hiba értéke csökkenthető. Éppen ezért, mivel a nagylátószögű objektív fókusz távolsága kicsiny, ezért az ilyen optikával készített képeket sokkal jelentősebb disztorziós hiba terhelheti, mint a normál lencsével készítetteket.

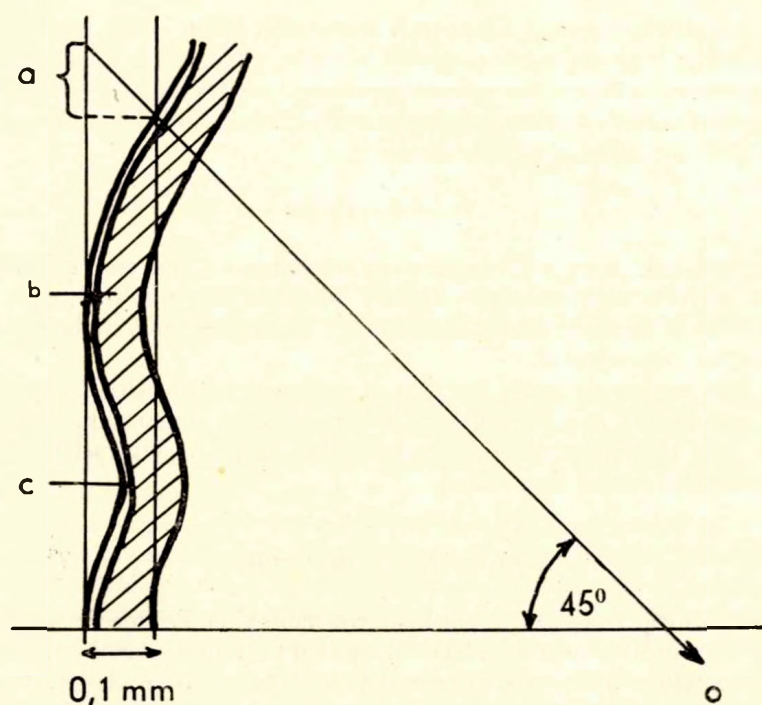
A fent leírt módon elvégzett kísérleti vizsgálataink szerint azonban bebizonyosodott, hogy amennyiben modern fényképező-berendezéssel dolgozunk, akkor a disztorziós hiba még nagylátószögű objektív használata esetén is alig észlelhető, gyakorlatilag a mérhetőség határa alatt marad.

A fényképezőgép szerkezeti hibái

A fényképezőgép szerkezeti hibái bizonyos mértékben szintén terhelhetik a felvételt. Ha a negatív síkja nem merőleges az optikai tengelyre, vagy a negatív kifeszítése hibás, torz felület állhat elő, és így a felvétel egyes helyein életlenedés, torzítás léphet fel. Az első eset felismerhető arról, hogy a felvétel egy bizonyos függőleges vagy vízszintes sávban éles, s attól távolodva mindkét irányban fokozatosan életlenedik. Az ilyen részeken lépnek fel a szelvényképen mérettorzulások. A második eset hasonlóan ismerhető fel, azonban az élesen rajzolt sáv itt nem vízszintes vagy függőleges, hanem átlósan jelentkezik. Az életlenedés maximuma pedig az éles sávtól jobbra és balra, az ellenkező sarkokon jelentkezik. A hibákat a kamara megvizsgálása után a film-továbbító állításával lehet megszüntetni. A fényképezőgép hibájából származhatnak még egyéb pontatlanságok is. A mai modern gépeknél azonban mértékük oly csekély, hogy részletesebben nem érdemes velük foglalkozni.

A negatívanyag hibái

A felvételek torzítását, elrajzolását eredményezhetik a negatívanyag használatánál fellépő hibák. A felvétel kidolgozása során a nedves eljárás miatt a negatívon az emulzióréteg fellazul, a szemcsék egymáshoz képest elmozdulhatnak, száradáskor pedig, különösen, ha a száradás hirtelen történik, nem egyenletesen szárad az emulzióréteg, s ez újra csak torzulások hibák forrása lehet. A hiba fellépése és mértéke teljesen törvényszerűtlen. A hiba teljes kiküszöbölésére lehetőség nincs, csupán az üvegnegatív (lemezés fényképezőgép) használata nyújtana megnyugtató megoldást. A hiba csökkenthető azonban bizonyos mértékig a negatívanyag kedvező megválasztásával, a felvétel kidolgozásának egyenletességével és gondosságával. A fellépő hiba nagyságának meghatározására nincs mód, azonban ez a hiba már benne van a lencsehibáknál alkalmazott disztorziós hiba meghatározásában s a disztorziós hibával együttesen mutatható ki. A hibát tehát javítani nem tudjuk, nagyságrendje azonban az előzőek szerint meghatározható, tehát végső fokon el lehet dönteni, hogy az igényelt pontosság



29. ábra. A negatív egyenetlenségéből eredő elrajzolási hiba. *a*: az elrajzolás mértéke, *b*: filmanyag *c*: emulzió-réteg.

Fig. 29. Distortion error due to the unevenness of the negative. *a*: grade of the distortion, *b*: film material, *c*: emulsion layer.

elérését veszélyezteti-e? A fotogrammetriai gyakorlat általában a negatív használhatósági határát úgy szabja meg, hogy az elrajzolási hibák a negatívanyag egyenetlen viselkedéséből kifolyóan a $\pm 0,02$ mm-t túl ne lépjék. A barlangszelvényezéshez történő alkalmazás azonban ennél kedvezőtlenebb hibahatárt is megenged. A kidolgozás méretarányban ugyanis a még megengedhető maximális hiba $\pm 0,6$ mm, ami szélső esetben 5–6-szoros nagyítás eredménye. Így a negatívon a megengedhető hiba nagysága a maximális hiba 6-od része, azaz $\pm 0,1$ mm. Gondos kidolgozást és megfelelő negatívanyagot feltételezve, a fellépő hibák általában e mérték alatt maradnak, mint ahogy ezt az általunk végzett disztorziós vizsgálat eredménye is bebizonyította.

A negatív nem teljesen sík voltából, felszíni egyenetlenségeiből szintén hibák adódhatnak, melyek fellépése és méreteik ugyancsak törvényszerűtlenek. A hiba nagy látószögű lencse alkalmazásával még jelentősebb lehet. A negatív egyenetlensége miatt ugyanis előfordulhat, hogy a szelvény különböző pontjaihoz különböző képtávolság tartozik (29. ábra), ami képéletlenséget, sőt szélső esetben a magassági torzításhoz hasonló hibát is jelenthet, pl. ha az alappontok képe más szelvénypontok képeihez viszonyítva nem azonos képtávolsággal kerül leképezésre. A fentiek szerintmeghatározott még megengedett hiba nagysága $\pm 0,1$ mm. 90 fokos nagylátószögű lencsét feltételezve ez azt jelentené, hogy a negatív egyenetlenség maximális értéke $\pm 0,1$ mm-t

nem lépheti túl. A negatív anyag gyártásának mai fejlettségi fokán ez a feltétel messzemenően kielégül.

Ha a negatív a rajta lévő emulzióréteg hatására domborodik, ill. homorodik, ami helytelen kezelés mellett kisfilmes gépeknél fordulhat elő, a fentiekhez hasonló hiba jelentkezhet (30. ábra). A negatív tökéletes kifeszítésével ugyan ez a hiba csökken, azonban még így sem érhető el az, hogy a negatív film a kamara hátsó falát eszményi síklapként határolja. A hiba hatása kettős: egyrészt lehetőség van arra, hogy az alappontok képe a szelvény egyéb pontjaihoz viszonyítva hátrább keletkezzen, ami mérettorzulást okoz. Másrészt a kidolgozásnál a nagyítógépbe helyezett negatív nem ugyanolyan kifeszítésű helyzetbe kerül, mint a fényképezőgépben volt, ami szintén mérettorzulást eredményezhet. A nagyítógépbe helyezéskor tehát a negatívot feltétlenül két üveglap közé kell szorítani. Az így fellépő hibalehetőség, nevezetesen a torz negatívfelület síkba való kifejtése ugyanis még így a legkisebb méretű. Ezek a hibák kisfilmes gépeknél és nagylátószögű lencsék alkalmazásánál lehetnek jelentősek, ha azonban gondoskodás történik a filmszalag megfelelő kifeszítéséről és nagyításnál a negatívot üveglemezek közé szorítjuk, az elkövetett hibák mértékének nagysága a megengedett érték alatt marad.

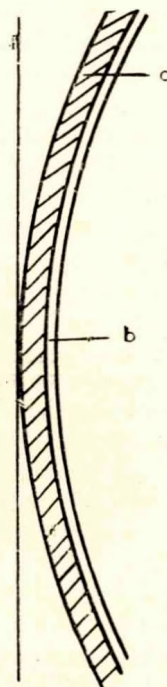
A képatalakítás hibái

A képatalakítás során fellépő hibalehetőségek közül elsőként kell megemlíteni, hogy a nyert átalakított kép nem a tárgy centrális vetülete, hanem egy hibával már előzőleg is terhelt negatív lemez távlati képe, ami bizonyos perspektívikus hibák forrását jelenti. A képatalakítás során tehát a negatív képről egy újabb képet készítünk s ebben benne van az is, hogy a másodszori leképezéssel együtt másodszor is fellépnek a leképezés hibái. Különösen a lencsehibák s azon belül a disztorziós hiba fellépése veszedelmes. Növeli a hibalehetőséget, hogy nagylátószögű objektívvel felvett szelvényképet csakis nagylátószögű nagyítóberendezéssel lehet átalakítani, s a nagylátószögű lencsék hibái éppen a legnagyobbak.

Figyelembe kell azt is venni, hogy míg az első kép hibátlannak vehető szelvényről készült, a második leképezésnél már egy hibás negatívra kell képet készíteni, amelynek során a negatívot eredetileg terhelő hibákat is felnagyítjuk 5–6-szorosára.

További hibalehetőség adódik abból, hogy a felfogó ernyő nem merőleges az optikai tengelyre, így a kép egy sáv kivételével életlen: a fénypontok ellipszisekké, a vonalak pedig vastagabb sávokká torzulnak, mivel a nagyítási képtávolság pontról pontra változik, azaz a kép méretaránya minden helyen más és más.

Végezetül meg kell állapítani, hogy ennél a módszernél alkalmazott képatalakítási mód a ma már jól bevált transzformátorokhoz viszonyítva — tudatosan bár — de meglehetősen kezdetleges. A képernyő ferdeségének beállítása, az elforgatások, a



30. ábra. A negatív anyag domborodása a rajta lévő emulzióréteg zsugorodása miatt. a: negatív anyag, b: emulzióréteg.

Fig. 30. Swelling of the negative material owing to the shrinkage of the emulsion layer a: negative material, b: emulsion layer.

nagyítás mértékének megállapítása, a méretek egyeztetése mind kézi munkával történik, ami egy bizonyos határon túl nem teszi lehetővé a finomabb beállítást, és így újabb pontatlanságok forrása lehet.

A fentiek alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a képátalakítás során lépnek fel a legnagyobb számban meglehetősen súlyos hibák. Ha pedig hozzátesszük azt, hogy a barlangi fotogrammetrikus szelvényezésnél a képátalakítás nem csupán javítási, hanem alapvető kidolgozási módszer, az itt fellépő hibák legszigorúbb felülvizsgálására és a hibák mértékének leggondosabb meghatározására van szükség.

A második leképezés, azaz a nagyítás lencsehibái a már ismertetett hatásokkal jelentkeznek. Mint már említettük, közülük legfontosabb az elrajzolási hiba. A nagyítás során fellépő elrajzolási hiba nagyságát megállapíthatjuk, ha pontosan felrakott, lehetőleg üvegnegatívra karcolt négyzethálózatot nagyítunk ki a feldolgozás méretarányának megfelelően, tehát átlag 5–6-szorosra. A negatívra felrakott és a nagyított képről lemérhető távolságok eltérései természetesen a nagyítás mértékének figyelembevétele után helyről helyre megadják az elrajzolás mértékét, a Δr értékeket, amelyeknek ismeretében a 28. ábrán látható elrajzolási görbe is megszerkeszthető.

A gyakorlatban az elrajzolási hibát nem állapítjuk meg külön a fényképezőgépre és a nagyítógépre, hanem együttesen az egész optikai műveletre vonatkozóan. Ilyen esetben a 28. ábra szerinti mérő, ill. szintezőléces felvételt elkészítjük, a képet átalakítjuk, melynek kapcsán fel is nagyítjuk a kívánt méretarányra, s az így nyert képről állapítjuk meg az elrajzolás hibáját. Ez a módszer azért is előnyös, mert a kép számos más hibát is tartalmaz (negatív hibái, felvevőgép hibái stb.), így a gyakorlat szempontjából használhatóbb adatokat ad.

A második leképezésnél fellépő elrajzolási hiba, megfelelő lencserendszer alkalmazásával éppen olyan mérvű, de ellentétes előjelű is lehet, s ennek révén a két elrajzolási hiba kompenzálhatja egymást, azaz a felvételt elrajzolási hiba többé nem terheli. A hiba kiejtésére a legkézenfekvőbb megoldás az, hogy ugyanazzal az objektívvel végezzük a nagyítást, mint amellyel a felvételt készítettük.

A negatív hibáinak a képátalakítás és a vele együtt járó nagyítás során történő 5–6-szoros megnövekedése kétségtelenül jelentős, azonban az eddigiekben már minden hibalehetőséget a felnagyított képre vonatkoztatva vettünk figyelembe, ezért itt külön nem kell számításba vennünk.

Az optikai tengelyre nem merőleges képsík okozta perspektívus torzítási hiba azáltal csökkenthető – már a felvétel elkészítésénél –, hogy lehetőség szerint elkerüljük a nagyon ferde (45° -nál nagyobb) szögű felvételeket. A kisebb mértékű torzítás tovább csökkenthető a nagyítógép nyílásának erős leszűkítésével (blendezés), miáltal a térbeli élesség fokozódik. A gyakorlatban a még ezután is fennmaradó mérettorzulások hatása is kiküszöbölhető olyanképpen, hogy a vonalvastagodásoknál a közép-vonalat vesszük figyelembe, ill. a fénypontoknál, amelyek ellipszisként jelentkeznek, az ellipszis nagy és kis tengelyének metszéspontját.

Mint említettük, a pontnégyszög képeinek átalakítási hibája sokkal kisebb, mint a szelvénykép átalakítási hibája. A hiba megnövekedésének mértéke kétségtelenül a kiterjedés méreteinek arányában változik. A pontnégyszög közepes oldalhossza a fotoprofilográf leírása alapján 500 mm. A felvett szelvény szélessége szélső esetben 10 000 mm. A kettő közötti arány 1:20. Ezek szerint a felvételen a pontnégyszög meghatározási bizonytalanságának hússzorosa lesz a szelvény szélső pontjainak bizonytalansága. Az alappontok méretarányra való hozatala és átalakítása, azaz a képsík megfelelő dőlésének kikeresése, részben próbálgatással történik, adott méretarány szerint a szabatos

pontossággal szerkesztett sablonnégyzet sarokpontjával hozzuk fedésbe a pontnégyyszög kivetített alappontjait. E pontok azonosításának középhibája egyezik a szerkesztés középhibájával, azaz $\pm 0,2$ mm. Ezek szerint a nagyított képen a szelvényképről levehető méretek középhibája már ennek hússzorosa, vagyis $\pm 4,0$ mm. Ezt a nagyméretű hibanövekedést a felvétel során úgy lehetne kiküszöbölni, ha az alappontokat a szelvény kontúrvonalán vennénk fel, így az azonosítási elemek és a szelvény képe között nem állana fenn méretkülönbség az előbbi arányban.

E hibát azonban célszerűen a kidolgozásnál küszöböljük ki, oly módon, hogy a pontnégyyszöget a kívánt méretű szelvény nagyságára, vagy annál is nagyobbra vetítjük ki. Az így kinagyított pontnégyyszög segítségével végezzük el a képátalakítást, majd az egész szelvényt visszakicsinyítjük a felhasználási méretarányra. Ezzel a módszerrel elérhető, hogy maga a képátalakítás, ill. az ezzel kapcsolatos méretazonosítás $\pm 0,2$ mm-es, ill. ennél még kedvezőbb középhibával történik, és így ez a középhiba érvényes marad a szelvény kontúrpointjaira is.

E módszer hátránya, hogy az erős nagyítás révén megnövekszenek az egyéb hibák is, melyek a negatívot terhelték, s ezek most a képátalakítás pontosságát rontják. Ezért teljesen megnyugtató megoldást csak az jelent, ha megfelelő anyag kiválasztásával, gondos feldolgozó munkával és a lencsehibák kiküszöbölésével a negatívot terhelő hibákat olyan kismértékűre csökkentjük, hogy hatásuk még felnagyítás után is elhanyagolható.

A felnagyítás egyébként a kézi beállítás pontatlanságait is csökkenti, ezért kivitelezése ebből a szempontból is ajánlatos.

A méretazonosítás megkönnyítésére szolgál, ha az azonosító, tehát adott méretaránnal előre megszerkesztett sablonnégyzetek csúcspontjait koncentrikus körökkel jelezzük (17. ábra). Így erősebb nagyításnál is pontosan elvégezhető a méretazonosítás.

A pozitív-készítés hibái

Bár a transzformáló-asztalról a vetített kép kemény ceruzával könnyen lemásolható, mégis a gyakorlatban a könnyebb kezelhetőség érdekében pozitív képet is készíthetünk a szelvényről. Ez természetesen újabb hibák forrása lehet, amely a papír egyenetlenségéből és a nedves eljárás kapcsán fellépő egyenlőtlen összeszáradásból ered. A fellépő hibák itt is törvényszerűtlenek. A papír egyenetlenségéből, ill. nem sík voltából származó hibát azáltal csökkenthetjük, hogy a nagyítópapírt szorítószalagok segítségével a transzformáló-asztalhoz rögzítjük. Az egyenlőtlen összeszáradás hibája lényegesen nem csökkenthető, azonban mértékét átlagosan meg lehet állapítani oly módon, hogy a fényérzékeny papírra ceruzával vagy tuszal pontos négyzethálózatot rajzolunk, s a szokásos nedves kezelés és szárítás után meghatározhatjuk a felrajzolt négyzetek torzulását. Ez a vizsgálat csupán a zsugorodási hiba nagyságrendjére vonatkoztatva ad tájékoztató eredményt, de értékével a szelvényeket korrigálni nem lehet, mivel a hiba minden képnél más és más. Disztorziós vizsgálatunk eredménye alapján azonban megállapíthatjuk, hogy a pozitív papír méretváltozása a nedves eljárás során gyakorlatilag nem számbavehető.

A szelvénykontúrponatok közötti távolság meghatározásánál fellépő hibák megvizsgálására kísérleteket is végeztünk. Különböző körülmények között felvételi sorozatokat készítettünk mesterséges, meghatározott méretű tárókban. E mérési sorozatok kiértékelése nyomán — a részletesebb kiértékelést mellőzve — megállapítható volt, hogy a méretek levételének középhibája $\pm 1,6$ mm. Ebből következik, hogy a maximális hiba ennek háromszorosa, $\pm 4,8$ mm lehet. A vizsgálat során a mérési sorozatból kiszámítható, legmegbízhatóbb érték és a valóságban lemért adatok közötti eltérés, azaz a számítható relatív hiba a középhibák háromszorosát egy esetben sem érte el. Különböző méretű szelvények méreteinek összehasonlítása során a méterenkénti középhiba $\pm 0,82$ mm/m-nek adódott, ami a szükségletnek nagyon jól megfelel, hiszen kerekén 0,1%-os átlagos mérési pontosságot jelent.

Összefoglalva az elméleti és gyakorlati pontossági vizsgálatok eredményeit, megállapíthatjuk, hogy a fotogrammetrikus módszerünkhöz készített szelvényező berendezések az igényelt pontossági követelményeket kielégítik. A leírt tudatosan egyszerű kivitelezés mellett is elértük a szpeleológiai felhasználáshoz megkövetelt 1%-os pontosságot, sőt a kísérletek tanúsága szerint ennél pontosabban is tudunk dolgozni, különösen akkor, ha mind a felvételnél, mind pedig a kidolgozásnál gondos és körültekintő munkát végzünk. E pontosság kihasználásával lehetőség nyílt a barlangtérképezés munkájának nagymértékű egyszerűsítésére.

VII. A MÓDSZER JELENTŐSÉGE

A barlangi keresztzelvények meghatározott pontosságú fotogrammetrikus felvétele — mint láttuk — lényegesen körülményesebb feladat, mint a bányatárók szelvényeinek hasonló módszerrel való meghatározása. Ennek oka a barlangüregek mérési szempontból igen kedvezőtlen sajátosságain kívül az, hogy módszerünket nem csupán a szelvények felvételére dolgoztuk ki, hanem a keresztzelvények szabatos felvétele mellett egyben a térbeli viszonyokat valóban figyelembe vevő, teljességre törekvő új barlangmérési eljárás kialakítására is törekedtünk. Módszerünknek tehát elsősorban szpeleometriai szempontból van jelentősége.

E módszer alkalmazásával nyerhető barlangi keresztzelvény-képek azonban tagabb szpeleológiai szempontból is igen értékes anyagot jelentenek, mert egzakt alapot nyújtanak mindennemű genetikai vizsgálathoz.

Végül is módszerünk használhatónak látszik bányászati, ill. egyéb mélyépítési munkálatok szempontjából is.

A fotogrammetrikus keresztzelvényezés segítségével készíthető szelvényképek a szpeleometriában igen széleskörűen felhasználhatók. Legfontosabb alkalmazási területek az alábbiak:

1. vetületi alaprajz készítése
2. függőleges hosszvetület készítése
3. szintvonalas barlangtérkép készítése.

1. A *vetületi alaprajz* a barlangüregnek vízszintes síkon nyert ortogonális vetülete. A barlangtérképen ez adja az üreg kontúrvonalát. Ez ideig az alaprajz kontúrvonalát az üreg elérhető szélességének többszöri méréssel nyert határpontjai összekötésével kaptuk,

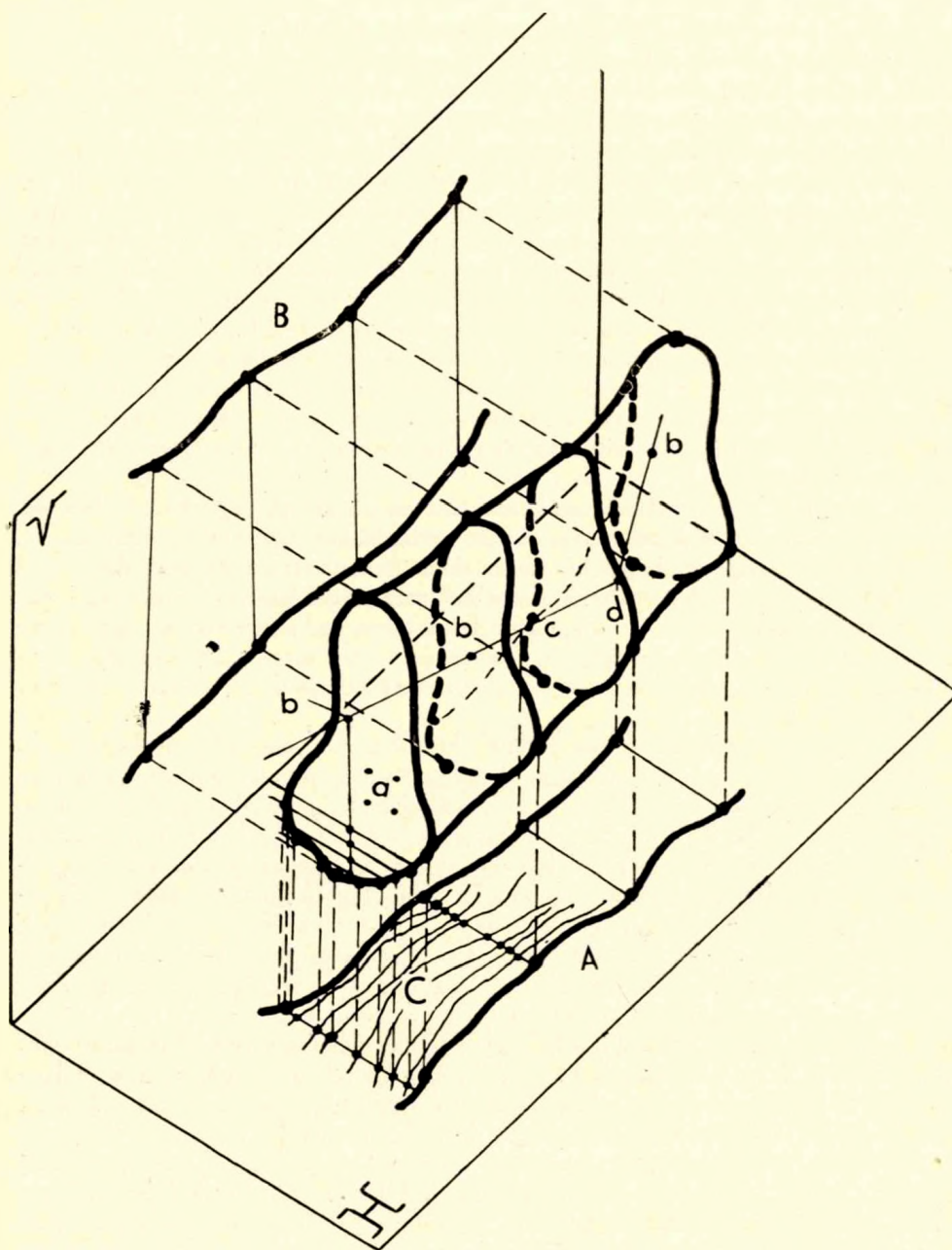
ezért a térbeli viszonyokat a valóságnak megfelelően ábrázoló vetületi alaprajz készítésére általában nem volt lehetőség. Tájolt kereszt-szelvények segítségével azonban minden esetben pontos vetületi alaprajz készíthető, ha megfelelő sűrűséggel veszünk fel kereszt-szelvényeket, és ha a függőleges síkban felvett szelvények vízszintes értelmű szélső határpontjait függőleges vetítő sugarakkal vízszintes síkra vetítjük. A vetítés egyszerű szerkesztéssel végezhető el. A szerkesztés sémáját a 31. ábrán tüntettük fel.

2. A *függőleges hosszvetület* készítése ezelőtt a barlangi fixpontok relatív magasságának megállapításán, valamint e pontokhoz viszonyítva a talaj és a mennyezet távolságának megmérésén alapult. Különösen a mennyezetmagasság-mérés nehézkes módja miatt azonban sokszor meg kellett elégednünk kisszámú mért ponttal, csekély pontosságú méretekkel vagy sokszor becsléssel kapott adatokkal is. A függőleges hosszvetület a barlangüregnek olyan függőleges síkra vonatkozó ortogonális vetülete, amelynek csapása párhuzamos az üreg kiterjedésének uralkodó irányával. Kellő sűrűségű kereszt-szelvény-sorozatból tehát a szelvények legalsó és legfelső pontjainak vízszintes vetítő-sugarakkal való kivetítésével pontos függőleges hosszvetület szerkesztésére nyílik lehetőség (31. ábra).

3. Megfelelő sűrűséggel felvett kereszt-szelvények alapján egyszerű szerkesztéssel pontos *szintvonalas térképet* is készíthetünk a barlangok talajának domborzatáról. Ha az egyes kereszt-szelvény-képek kontúrvonalának talajmenti szakaszát a dőfsponttól való távolság alapján meghatározható azonos tszf. magasságokban vízszintes egyenesekkel metsszük el, akkor a vetületi alaprajzon feltüntetett szelvényvetületek egyenesein e metszéspontok függőleges vetületei megadják az azonos magasságban elhelyezkedő pontokat. E pontok összekötésével a felmért barlang talajának szintvonalas térképét nyerjük (31. ábra).

Szpeleológiai szempontból módszerünk elsősorban a kvantitatív morfogenetikai vizsgálatok előtt nyit jelentős távlatot. A kereszt-szelvények területének számszerű összehasonlító vizsgálata, a színlők kimérése, és általában a szelvények alakjának variációstatisztikai értékelése ilyen alapon lehetőséget nyújthat a barlangjáratok kialakulásának pontosabb megismerésére, különösen akkor, ha mindez párosul a barlangfal-közetek részletes anyagvizsgálaton alapuló közettani, ill. geokémiai vizsgálatával. Pontosabb vizsgálatok végezhetőek majd ilyen alapon a tektonikai és hidrológiai viszonyok kapcsolatának felderítése terén. Módszerünk alkalmazásával megindulhat a barlangok légáramlási viszonyainak pontos vizsgálata is. Végül az ősrégészeti ásatások állapotának dokumentumszerű rögzítésére is alkalmas lehet módszerünk a jövőben.

A mérnöki gyakorlatban több alkalmazási terület lehetőségére kell rámutatnunk. Említettük már, hogy külföldön a bányatárók és alagutak fotogrammetrikus szelvényezése jelenleg főként az építési hibák kimutatására, valamint az utólagos elmozdulások meghatározására szolgál. Ebből következik, hogy bányaművelés terén alkalmas lehet módszerünk pl. a talpduzzadás, valamint a főtényomás okozta deformáció időbeli menetének pontos számszerű meghatározására, a kitörési szelvények ellenőrzésére, esetleg kavernák méretének megállapítására, valamint a légmérő-állomásokon a tároszelvények pontos területének megállapítására. Egyéb általános mérnöki gyakorlatban pedig a földmunkák előrehaladásának menetét lehetne ilyen módszerrel pontosan és gyorsan ellenőrizni, ami bérezési szempontból volna hasznosítható.



31. ábra. Vetületi alaprajz (A) függőleges hosszvetület (B) és szintvonalas térkép (C) szerkesztése fotogrammetrikus keresztmetsvények alapján. (Séma) V: vertikális képsík, H: horizontális képsík, a: a bázis pontnégyszöge, b: dőléspont, c: poligon-oldal, d: fixpont.

Fig. 31. Construction of the horizontal plan (A), the vertical longitudinal projection (B) and the contour chart (C) on the basis of photogrammetric cross sections. (Scheme) V: Vertical picture plane, H: Horizontal picture plane, a: point quadratic of the base, b: point of intersection, c: side of the polygon, d: fixed point.

VIII. TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Az eddigi kísérletek tanúsága szerint csak lényegesen költségesebb berendezésekkel lehetne esetleg pontosabb és gyorsabb eljárást kidolgozni a barlangi keresztshelvények fotogrammetrikus felvételére. Az általunk elért pontosság azonban — mint látuk — tökéletesen elegendő nemcsak szpeleológiai, hanem szpeleometriai szempontból is. Fotogrammetrikus úton pedig az általunk elért pontosság mellett a barlangüregek kedvezőtlen sajátágainál fogva még Linhof-technikával is aligha lehetne lényegesen nagyobb felvételi gyorsaságot elérni, mert a barlangi keresztshelvényezésnél az általunk létesített berendezésekkel nem a tulajdonképpeni felvétel, hanem a 100%-os felvétel lehetőségének megállapítása az időigényes művelet.

A fentiek miatt módszerünk továbbfejlesztése főként a megvilágítás erősségének növelésében, valamint a transzformáló-berendezés tökéletesítésében keresendő.

A fentieken kívül a módszer alkalmazási területét lehetne még növelni. A zsombolyok keresztshelvényezése ugyanis még megoldásra váró feladat.

IX. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkig a szpeleometria nem ismert egzakt és viszonylag gyors eljárást a barlangok keresztshelvényezésére, pedig alapvetően fontos feladat ez nemcsak szpeleometriai, hanem általános szpeleológiai szempontból is, különös tekintettel a genetikai vizsgálatokra. 1957-ben merült fel az a gondolat, hogy fotogrammetrikus módszerrel esetleg mód lenne a barlangi keresztshelvények pontos felvételére. Ilyen irányú külföldi bányászati eredmények figyelembevételével olyan fotogrammetrikus keresztshelvényezési eljárást dolgoztunk ki, amely minden tekintetben figyelembe veszi a speciális barlangi körülményeket.

A módszer elve a következő:

A felvenni kívánt függőleges keresztshelvény síkjában szükséges szélességben (1–20 cm) megvilágítjuk a szelvény kontúrvonalát. A szelvénykép méretjelölése, tájolása, átalakíthatósága, valamint részletekben valódi felvétel esetén a részletképek kapcsolása céljából ismert oldalhosszúságú és vízszintes, ill. függőleges oldalú négyzet sarokpontjain négy fénypontot villantunk fel a szelvény síkjában. Ugyanakkor a hossz-méréshez való kapcsolhatóság céljából még egy fényponttal megvilágítjuk a hossz-mérési poligonnak a szelvény síkját metsző oldala és a szelvénytík által alkotott dőféspontot, valamint mozgatható fénypont segítségével a szelvény síkjába berajzoljuk a szelvény számát is. Az ilyen módon nyert folytonos és önmagába visszatérő kontúrvonalat, alappontokat, dőféspontot és számjelölést a fenti műveletek alatt nyitott fényzárral tetszőleges helyen és helyzetben álló kisfilmes fényképezőgép fényérzékeny lemezére leképezve, méreteiben ismert, tájolható, átalakítható, részletekből összeilleszthető, valamint hossz-méréshez kapcsolható és könnyen rendszerezhető képét nyerjük a keresztshelvénynek.

A szelvénykontúr megvilágítása, az alappontok és a dőféspont képzése, valamint a szelvénytík csapásának meghatározása külön e célra szerkesztett egyszerű műszer, a fotoprofilográf segítségével történik. A műszeren 1' érzékenységtű libellával vízszintezhető fekvőtengely mentén elforduló kollimátor végzi a szelvénykontúr, az alappontok és a dőféspont megvilágítását. Az alappontjelölés a kollimátorhoz van kapcsolva. A szelvénytík csapásvonalának meghatározása a műszerbe beépített kompasz segítségével.

vel történik. A felvétel számozására rugós érintőkapcsolóval ellátott, ún. számozóbot szolgál. Mind a fotoprofilográf kollimátora, mind pedig a számozóbot közönséges zseblámpaelemmel üzemel.

A felvételek kidolgozásánál a képátalakítás végrehajtása e célra átalakított és transzformáló-asztallal felszerelt nagyító berendezéssel végezhető el. A részletfelvételek pontos kapcsolása illesztőkeret segítségével történik.

A fotoprofilográf súlya 2,20 kg, állvánnyal együtt 7,96 kg.

A jelenlegi műszerekkel, gondos felvétel és kidolgozás esetén, a módszerrel nyert szelvényképek alapján, a szelvénykontúrpontok közötti távolság meghatározásának középhibája $\pm 1,6$ mm. Különböző szelvények méreteinek összehasonlítása során a méterenkénti középhiba $\pm 0,82$ mm-nek adódott. Ez a pontosság elegendő, mert az igényelt pontosság speleológiai és speleometriai szempontból egyaránt 1 hibaszázalék.

E módszer kialakításánál arra törekedtünk, hogy a barlangok keresztszelvényezése viszonylag egyszerű eszközökkel, a legkülönbözőbb körülmények között, a lehető leg-rövidebb idő alatt elvégezhető legyen, még akkor is, ha a felvételi idő rövidege a feldolgozási idő rovására megy.

* * *

Befejezésül ezen a helyen is szeretnénk megköszönni DR. PAPP FERENC professzornak, hogy az ÉKME jósvafői kutatóállomásának kutatási alapjából megfelelő összeget bocsátott rendelkezésünkre a kísérletek elvégzéséhez és a szükséges műszerek kivitelezéséhez. E módszer kidolgozásában a legjelentősebb elvi és gyakorlati segítséget SZÁYER KORNÉL nyújtotta a kísérletek során. Vele együtt a műegyetemi barlangkutató csoport tagjai közül CZAJLIK ISTVÁN, GÁDOS MIKLÓS, SÁRVÁRY ISTVÁN, FEJÉRDY ISTVÁN, DÉKÁNY CSABA, CSER FERENC és CSICSÉLY ANDRÁS járult még hozzá a kísérletek sikeréhez. DR. BERTALAN KÁROLY nagy segítségünkre volt az irodalom áttekintésében. A műszerek a budapesti *Uránia Bemutató Csillagvizsgáló* műhelyében készültek DR. KULIN GYÖRGY szíves támogatása mellett HERBERT MIKLÓS műszerész gondos munkája nyomán. Az említettek önzetlen közreműködése tette lehetővé módszerünk eredményes kidolgozását, amiért ezúton is köszönetet mondunk.

* * *

A módszer használhatóságának szemléltetése céljából befejezésül szeretnénk még bemutatni néhány fotogrammetrikus úton előállított szelvényképet, amelyek a Budapest és Aggtelek környéki nagyobb barlangrendszerekben készültek (32. és 33. ábra). Ezek a szelvényképek azért érdekesek, mert az egyes barlangokra jellemzőek, és azonos méretarányban készültek. Ilyen módon első alkalommal nyílt lehetőség a nagyobb magyarországi barlangok méretbeli és keresztmetszeti viszonyainak megbízható összehasonlítására.

Irodalom

1. CHRISMÁR O.: Nagy és magas földalatti üregek fölmérése. — Bányászati és Kohászati Lapok XVII. évf. 21. sz. Budapest, 1884. p. 179.
2. GILBERT, R.: Methode „Photoprofil” pour levé de profils en travers de galerie. — Revue des Geometres-Experts et Topographes Francais. VIII. Paris, 1956. Jul. pp. 523–530.
3. HUBENY, K.: Ein Photogrammetrisches Verfahren zur Aufnahme von Tunnelprofilen. — Photographische Korrespondenz, 90. No. 12. Darmstadt und Wien, 1954. pp. 203–208.



32. ábra. A Budapest környéki barlangok néhány jellemző fotogrammetrikus úton felvett keresztmetszete. a: Mátyáshegyi-barlang - „Színházterem” (bázis = 1000 mm), b: Pálvölgyi-barlang - „Kabátterem” (bázis = 500 mm), c: Ferencshegyi-barlang - „Zrínyi-terem” (bázis = 500 mm), d: Szemlőhegyi-barlang - „Óriás-terem” (bázis = 500 mm, CSER FERENC felvételei).

Fig. 32. Some characteristic cross sections obtained by photogrammetric method in the caves of the surroundings of Budapest: a: Mátyáshegyi Cave - „Színház-terem” (base = 1000 mm), b: Pálvölgyi, Cave - „Kabát-terem” (base = 500 mm), c: Ferencshegyi Cave - „Zrínyi-terem” (base = 500 mm), d: Szemlőhegyi Cave - „Óriás-terem” (base = 500 mm, photo by FERENC CSER).

4. HUBENY, K.: Tunnelprofile durch Lichtschnitte. — Zeitschrift für Vermessungswesen. 1957. Mai. pp. 145–149.
5. KESSLER H.: Az aggteleki barlangrendszer hidrográfiája. — Földrajzi Közlemények. LXVI. évf. 1–3. sz. Budapest, 1938.
6. KILLIAN, K.: Die Obstanzer Eisköhle. — Mitteilungen über Höhlen- und Karstforschung. Jg. 1935 Berlin, 1935. pp. 123–125. (Türkép: p. 120.)
7. KOFFENVAHLNER, F.: Lichtschnitt-Profilmessung in Stollen. — Geologie und Bauwesen. Jg. 25. Hf. 1. Wien, 1959. pp. 50–58.
8. LACMANN, O.: Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht topographischen Gebieten. Hirzel Verlag, Leipzig, 1950. pp. 99–159.
9. MAUCHA I.: Az ÉKME jászvafői kutatóállomásának 1959–60. évi munkáiról. — Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1960. jún. pp. 257–289.
10. MÜLLER, L.: Der Mehrausbruch in Tunneln und Stollen. — Geologie und Bauwesen. Jg. 24. Hf. 3–4. Wien, 1959, pp. 204–222.
11. NOTTARP: Bericht über den Entwurf eines Tunnelmessgeräts. — Allgemeine Vermessungsnachrichten. 1951. Hf. 4. pp. 90–94. n. v.
12. STRASSER, G.: Photogrammetrische Tunnelprofil. — Zeitschrift für Vermessungswesen. Jg. 81 Stuttgart, 1956. Nov. pp. 402–405.
13. TAGWERKER: Höhlenwissenschaft und Vermessungswesen. Referat über den Vortrag des Hochschulassistenten Karl Killian. — Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen. Bd. XXXIII. No. 5. Baden bei Wien, Dez. 1935. pp. 126–127.
14. TÓTH J.: A barlangok felméréséről. — Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1957. jul. – dec. pp. 20–25.
15. TÓTH J.: A speleokartográfia egységesítésének problémái. — Karszt- és Barlangkut. Táj. Budapest, 1960. szept.-okt. pp. 401–407.
16. ZAAR, K.: Über ein Photogrammetrisches Körpermessungsverfahren. — Internationales Archiv für Photogrammetrie. IV. Bd. 1913–14. Wien und Leipzig, 1914. Nov. pp. 64–65.
17. ZANOSKAR, W.: Stollen und Tunnelbau. — Springer Verl., Wien, 1950. pp. 178–180. n. v.
18. — — : Light projector and camera speed underground profile measurements. — Coal Age, 64. köt. 10. sz. New-York, 1959. p. 140.

PHOTOGRAMMETRIC METHOD OF SURVEYING CROSS SECTIONS OF CAVES

By

I. MAUCHA and J. TÓTH

Up to date no exact and relatively rapid techniques of surveying cross sections of caves were known in the speleometry, whereas it is a fundamentally important object not only from point of view of the speleometry, but also from that of the general speleology with special regard to the genetic studies. In 1957 it was suggested that a photogrammetric method would perhaps make possible the precise surveying of cross sections in caves. Considering such results of the foreign mining industry, we have developed a photogrammetric profiling process which takes into account, in all respects, the special conditions in caves.

The method is based upon the following principle:

The object-line of the cross section subject to surveying is illuminated in the plan of the cross section within a suitable width (1 to 10 cm). With the purpose of orienting, transforming the cross section picture and indicating the scale thereof, as well as of fitting the detail pictures in the case of surveying in detail, the flashing of four luminous points in the corners of a square with horizontal, respectively vertical sides of known side length, is effected in the plane of the cross section. In order to adapt it to a conjunction with the linear measurement, the point of intersection formed by the side cutting the cross section plane, of the linear measuring polygon and by the section

plane itself, is illuminated through the means of an additional luminous point, as well as also the number of the cross section is entered into the section plane using a mobile luminous point. Photographing, with open diaphragm during the above operations, the continuous and recurring object line, as well as the base points, the point of intersection and the numbering obtained in this way on the sensitized plate of a miniature camera suspended in any suitable position, yields a picture of the cross section of known scale and susceptible to orientation and transformation, the conjunction with the linear measurement and the fitting of the detail pictures being provided for.

The illumination of the outline of the cross section and the construction of the base points and the point of intersection, as well as the determination of the trend of the section plane are executed by a special, but simple instrument, the photoprofilograph. In this instrument a collimator turning around a horizontal axis which may be levelled by a bubble level with a sensitiveness of 1', illuminates the objectline of the section, the base points and the point of intersection. The base point indication is connected to the collimator. The trend of the cross section plane is determined by the means of a surveying compass mounted into the instrument. The numbering of the pictures is provided by a so called numbering stick having a spring-actuated switch. Both the collimator of the photoprofilograph and the numbering stick are fed by a conventional flashlight battery.

During the elaboration of the pictures the transformation may be performed by a specialized enlarger equipped with a rectifier stage. The precise conjunction of the detailed pictures is carried out through the means of a fitting frame.

The weight of the photoprofilograph is 2,20 kg, the total weight together with the stage being 7,96 kg.

According to the pictures obtained by this method and presuming that the survey and the elaboration of the pictures are thoroughly accomplished through the use of the actual instruments, the mean error in determining the distances between the points of the cross section objectline is $\pm 1,6$ mm. A comparison of the dimensions of several cross sections yielded a mean error as high as $\pm 0,82$ mm per meter. This precision is adequate, since the precision required both from point of view of the general speleology and of the speleometry is 1 error percentage.

While developing this method, we were strained after the aim that the surveying of cross sections in caves should be accomplished by relatively simple instruments within the shortest possible delay, even if the short duration of the surveying involves the stretching out of the time required for the elaboration.

MÉTHODE PHOTOGRAMMÉTRIQUE DU LEVÉ DES PROFILS TRANSVERSAUX DANS LES GROTTES

Par

L. MAUCHA et J. TÔTH

La spéléométrie n'a connu, jusqu'à présent, aucun procédé exact et relativement rapide pour le levé des profils transversaux des grottes, alors que c'est un objectif fondamentalement important non seulement du point de vue de la spéléométrie, mais aussi de celui de la spéléologie générale, particulièrement en ce qui concerne les études génétiques. C'est en 1957 que l'idée nous est venue de chercher la possibilité du levé exact des profils transversaux des grottes à l'aide d'une méthode photogrammétrique.

En profitant des résultats obtenus dans ce domaine par l'industrie minière étrangère, nous avons élaboré un procédé photogrammétrique du levé des profils transversaux qui tient compte, en tous points, des conditions spéciales dans les grottes.

La méthode se base sur le principe suivant:

Dans le plan du profil vertical qui doit être levé, on illumine, sur une largeur nécessaire (1 à 10 cm), la ligne de contour du profil. Pour indiquer l'échelle de l'image du profil et l'orienter et assurer la possibilité de sa transformation, ainsi que pour la possibilité de la connection des images de détail, en cas d'un levé en détails, on fait éclater, dans le plan du profil, quatre points de lumière situés sur les pointes d'un carré à côtés horizontaux, respectivement verticaux d'une longueur connue. Au même temps, pour assurer la possibilité d'une connection avec la mesure linéaire, on illumine par l'éclat d'un point de lumière supplémentaire le point d'intersection formé par le côté du polygone de la mesure linéaire coupant le plan du profil et par le plan du profil lui-même, ainsi qu'à l'aide d'un point de lumière remuable on inscrit sur le plan du profil également le numéro du profil. Si l'on photographie, au diaphragme ouvert pendant les opérations susdites, la ligne de contour continue et rebrousante, ainsi que les points de base, le point d'intersection et le numérotage, mis au point de cette manière, sur la plaque sensible d'un appareil photographique de court métrage situé dans une position quelconque, on obtient une image du profil transversal dont l'échelle est connue et qui est orientable, transformable, assemblable de ses détails et susceptible à la connecter avec la mesure linéaire.

L'illumination des contours de profil, la construction des points de base et du point d'intersection, ainsi que la détermination de la direction du plan de profil s'effectuent par le moyen d'un instrument simple, construit spécialement pour ce but, notamment le photoprofilographe. Dans cet instrument l'illumination des contours du profil, des points de base et du point d'intersection se fait par un collimateur se tournant autour d'un axe horizontal qui peut être nivelé par un niveau d'une sensibilité de 1'. L'indication des points de base est relié au collimateur. La détermination de la direction du plan de profil est effectuée à l'aide d'un compas installé dans l'instrument. Le numérotage des levés est assuré par une barre numérotice, munie d'un commutateur. Tant le collimateur du photoprofilographe que la barre numérotice sont alimentés par une pile de lampe de poche.

Au cours de l'élaboration des levés la transformation peut être effectuée par un agrandisseur spécialisé, garni d'une étagère de transformation. Les levés de détail sont assemblés avec précision à l'aide d'un cadre d'ajustement.

Le photoprofilographe pèse 2,20 kg et ensemble avec l'étagère 7,96 kg.

Selon les images de profil, obtenues par cette méthode, en cas où les levés et leur mise au point sont accomplis soigneusement par le moyen des instruments actuels, la distance entre les points de contour du profil peut être déterminée avec une erreur moyenne de $\pm 1,6$ mm. À la suite d'une comparaison des échelles de profils différents l'erreur moyenne par mètre était de $\pm 0,82$ mm. Cette précision est suffisante, parce que la précision exigée tant pour la spéléologie générale que pour la spéléométrie admet 1 pourcent d'erreur.

En développant cette méthode, nous avons mis tous nos efforts à rendre possible le levé des profils transversaux des grottes par des instruments relativement simples, dans des conditions extrêmement variables, pendant une durée aussi courte que possible, même dans le cas où la courte durée du levé entraîne le prolongement de la durée de l'élaboration.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПЕЩЕР

Л. МАУХА и И. ТОТ

До сих пор не было никакого метода для точного профилирования пещер. В 1957 г. возникла мысль о возможности решения этой задачи при помощи фотограмметрического метода. Учитывая такие результаты горного дела, мы разработали метод, который во всех отношениях учитывает специальные условия пещеры. В основе нашего метода лежит следующий принцип: В плоскости профиля, подлежащего съемке, в необходимой ширине освещается его контурная линия. Для обозначения масштаба, ориентации и трансформируемости изображения профиля и — при съемке профиля по отдельным его частям — для сопряжения изображений частей профиля, в угловых точках правильного, горизонтального и вертикального квадрата с известной длиной бока осуществляется вспышка четырех световых точек в плоскости профиля. Вместе с тем, в целях обеспечения возможности сопряжения изображений с линейным измерением, еще одной световой точкой освещается также и точка протыкания, образованная пересекающей плоскость профиля стороной полигона линейного измерения и плоскостью профиля. Фотографирование полученных таким образом контурной линии, базисных точек и точки протыкания дает такое изображение снимаемого профиля, размеры которого известны и которое может быть ориентировано, трансформировано и смонтировано из отдельных частей. Освещение контуров профиля, а также образование базисных точек и точки протыкания осуществляется специальным, простым прибором — фотопрофилографом. Фотографирование производится при помощи фотоаппарата, заряжаемого мелкокомтражным фильмом. Вес фотопрофилографа — 2,20 кг, со стативом — 7,96 кг. Обработка снимков может осуществляться при помощи трансформирующего станка с увеличителем. Средняя погрешность полученной данным методом точности $\pm 0,82$ мм/м.

AUFSTELLUNG VON INDEXZAHLEN UNTERIRDISCHER HOHLRÄUME*

Von

Prof. dr. F. PAPP

In den meisten Zweigen der Naturwissenschaften werden Zeichen, Ziffern angewendet, welche die wichtigsten Einzelheiten kurz angeben. Diese haben den Vorteil; dass sie die wiederholte Übersetzung in verschiedene Sprachen ersetzen und ausserdem den Gang der Untersuchungen systematischer gestalten.

Die Höhlenkunde grenzt an verschiedene Fachwissenschaften; solche sind, um nur die wichtigsten aufzuzählen, die mit der Geologie eng zusammenhängenden Wissenschaften der leblosen Natur, die mit der Biologie verbundenen Wissenschaften, die Archäologie, die alle voneinander unabhängige Facheinheiten bilden und dementsprechend ihre wichtigen, charakteristischen Daten getrennt auszudrücken wünschen.

An dieser Stelle empfehlen wir die Einführung eines auf 12 Zahlengruppen und verkürzte Fachausdrücke aufteilbaren Indexsystems, welches den mit den Naturwissenschaften des Nichtlebenden, das heisst mit der Geologie, Geographie, Meteorologie und Hydrologie zusammenhängenden Daten der Höhlenkunde und den Anwendungsmöglichkeiten auf unterirdischer Hohlräume Rechnung trägt.

Innerhalb einer Zahlengruppe ev. von verkürzten Fachausdrücken können auch mehrzifferige Zahlen vorkommen (zum Beispiel bei Angaben über Breiten- und Längengrade, Höhe über dem Meeresspiegel, Tiefe unter der Erdoberfläche, Streichrichtung, Einfallswinkel, usw.).

Der Kürze halber kommen unter den Daten chemische (hydrochemische, gesteinsmineralchemische, paläontologische, archäologische, biologische) Angaben nicht vor. Wo die Feststellung unsicher ist, werden die betreffenden Zahlen eingeklammert. Wo innerhalb einer Zahlengruppe mehrere Fälle möglich sind, schreiben wir die Reihenfolge einhaltend, mehrere Zahlen nacheinander und setzen einen Punkt nach jeder Zahl. Wenn bezüglich einer Zahlengruppe die fragliche Angabe noch unbekannt ist, schreiben wir eine Null an ihre Stelle.

Im Falle des vollständigen Indizierens der 12 Gruppen figurieren insgesamt 123 Daten in System durch Ziffern ausgedrückt. Ausser diesem ausführlichen, detaillierten Indizieren schlagen wir aber auch ein gekürztes Indexsystem vor, welches nur 25 Daten ausdrückt mit 48 Ziffern, und verkürzte Fachausdrücke.

Die Reihenfolge der 12 Gruppen wird entweder so angegeben, dass wir vor die

* Publiziert zwecks Diskussion.

Zeile die römische Zahl der betreffenden Gruppe schreiben, oder dass wir die Zahlen in Kolonnen ordnen und die römischen Zahlen über die Kolonnen in die obersten Reihen setzen. Die einzelnen Teilangaben der 12 Zahlengruppen des vorgeschlagenen Systems sind in fremde Sprache zu übersetzen und in dieser Weise wird das Indizieren überall verwendbar.

Die *I. Gruppe* bestimmt die Gattung, die Art des unterirdischen Hohlraumes und besteht aus 3 Gliedern. Dadurch bezeichnen wir das wichtigste Merkmal des betreffenden Hohlraumes.

Der unterirdische Hohlraum kann sein:

| | |
|--|---|
| Höhle | 1 |
| Höhle mit Bach | 2 |
| Höhle mit See, Teich | 3 |
| Höhle mit Thermalquelle | 4 |
| Höhle in mehreren Stufen (Etagenhöhle) ... | 5 |
| Eishöhle | 6 |
| Schachthöhle | 7 |
| Wasserschlinger | 8 |
| Felsnische | 9 |

Dies an einigen heimischen Beispielen angewendet:

| | |
|------------------------------------|-------|
| Baradla H.: | 1.2.3 |
| Vass I. H.: | 1.2.5 |
| Béke H.: | 1.2.5 |
| Tapolca H.: | 1.3.0 |
| Budapest, Lukácsbad, J. Molnár H.: | 1.2.4 |

Wo die betreffende Eigenschaft alleinstehend ist, d. h. sich an keine andere anknüpft, schreiben wir danach „0“.

| | |
|--------|------------------------------------|
| z. B.: | Schachthöhle von Vecsembükk: 7.0.0 |
| | Wasserschlinger von Bolhás: 8.0.0 |

Die Glieder der *II. Gruppe* stellen die geographische Lage des unterirdischen Hohlraumes fest u. zw. folgendermassen:

1. Breitengrad mit Minuten- und Sekunden-Werten (sechszifferige Zahl);
2. Längengrad mit Minuten- und Sekunden-Werten (siebenzifferige Zahl);
3. Höhe über dem Meeresspiegel (vierzifferige Zahl, mit „+“ Zeichen);
4. Durchschnittliche Tiefe unter der Erdoberfläche in Metern (dreizifferige Zahl, mit „-“ Zeichen);
5. Länge und Höhe des Hauptarmes in Metern (m) Zeichen. Durchschnittliche Breite und auch die Höhe in Metern angegeben.
6. Durchschnittliche Streichrichtung des Hauptarmes (dreizifferige Zahl);
7. Gesamtlänge der Nebenarme in Meter (m) rechts Anzahl.

z. B. Baradla H.: 48°29'00". 020°40'00". + 0262m. - 100 - 120m.
6805m Ø 25m. 12m 180°. 8100m.16

Béke H.: 48°29'00". 020°40'00". + 0340m. - 080 - 120m.
5888m. 05m. Ø 180°. 1430m. 05

Vass I. H.: 48°29'00". 020°40'00". + 0285m. - 030 - 050m.
1000m. Ø 6m. 270°. 0200.05.

Die Glieder der *III. Gruppe* geben über die Einzelheiten der Entstehung des Hohlraumes Auskunft. An sehr vielen Orten wirken mehrere Naturfaktoren in der Ausbildung unterirdischer Hohlräume mit, ihre Bedeutung und Intensität wird durch die Reihenfolge der Zahlen ausgedrückt.

In dieser Gruppe figurieren drei, durch Punkte getrennte verkürzte Fachausdrücke.

| | <i>Symbol:</i> |
|-------------------------------|----------------|
| 1. Tektonischer Vorgang | Tekt. |
| 2. Korrasionsvorgang | Korra. |
| 3. Korrosionsvorgang | Korro. |
| 4. Eruptiver Vorgang | Erp. |
| 5. Künstliche Vorgänge | Art. |

| | | |
|-------|---|-------------------|
| z. B. | Baradla H.: | Tekt.Korra.Korro. |
| | Vass I. H.: | Tekt.Korro.Korra. |
| | Börzsöny-Geb. Fogánybérc H.: | Tekt.Erp.Korro. |
| | Die Kellerhöhlen des Budapesters | |
| | Festungsberges (neben der Fischerbastei): | Art.Korra. |

Die Glieder der *IV. Gruppe* geben über die Gesteine der unterirdischen Hohlräume und über deren Alter Aufschluss. Das Gestein und sein Alter werden durch verkürzte Fachausdrücke angegeben.

| <i>Gestein</i> | <i>Symbol:</i> |
|---------------------------|----------------|
| 1. Kalkstein | CaO |
| 2. Dolomit | Dol. |
| 3. Mergel | Mrg. |
| 4. Gips | CaS |
| 5. Andere Sedimente | Sdm. |
| 6. Andesit | And. |
| 7. Dazit | Daz. |
| 8. Basalt | Bas. |
| 9. Andere Effusive | Eff. |

| <i>Alter</i> | <i>Symbol:</i> |
|-------------------|----------------|
| Urzeit | Arch. |
| Cambrium | Cambr. |
| Silur | Silur. |
| Devon | Devo. |
| Carbon | Carb. |
| Perm | Perm |
| Trias | Tria. |
| Jura | Jura |
| Kreide | Krei. |
| Eozän | Eozä. |
| Oligozän | Olig. |
| Miozän | Mioz. |
| Pliozän | Plio. |
| Pleisztozän | Plei. |
| Holozän | Holo. |

- z. B. Baradla H.: 100% CaO.Tria.
 Pálvölgy H.: 25% Mrg. 75% CaO.Eozä.
 Lukácsbad, J. Molnár H.: 75% Mrg. 25% CaO.Eozä.
 Rudasbad, Mathias H.: 100% Dol.Tria.
 Buda, Festungsberghöhlen: 50% CaO. 50% Sdm. Plei.

Die Glieder der *V. Gruppe* geben die Mineralien der unterirdischen Hohlräume an; diese werden mit der durch Punkte getrennten Formel in der Reihenfolge ihre Wichtigkeit angeführt.

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Kalzit (Kalkspat) | CaCO ₃ „-“ |
| 2. Aragonit | CaCO ₃ „+“ |
| 3. Dolomit | CaMg(CO ₃) ₂ |
| 4. Gips | CaSO ₄ |
| 5. Baryt | BaSO ₄ |
| 6. Pyrit | FeS ₂ |
| 7. Opal | SiO ₂ |
| 8. Andere | etc. |

- z. B. Baradla H.: CaCO₃ „-“
 Béke H.: CaCO₃ „-“
 Vass I. H.: CaCO₃ „-“
 Buda, Festungsberg H.: CaCO₃ „+“

Die *VI. Gruppe* gibt über die Entwicklung von Tropfsteinen und ihre prozentuelle Häufigkeit im Vergleich zur Fläche der Höhlen Aufschluss u. zw. durch fünf, durch Punkte getrennte, verkürzte Fachausdrücke. Die über der betreffenden Zahl rechts oben angegebene zweizifferige Indexzahl bezieht sich auf die prozentuelle Häufigkeit; wenn diese geringer ist, als 10%, schreibt man eine „0“ vor die einzifferige Zahl.

Symbol:

- | | |
|---|------|
| 1. Stalagmit | Stg. |
| 2. Stalaktit | Stk. |
| 3. Lappen-Vorhang-Gardinie | Fl. |
| 4. Mit Kristallen überzogene Fläche | Kr. |
| 5. Tetrata | Tet. |
| 6. Ranke | Cir. |

- z. B. Baradla H.: Stg. 25% . Stk. 20% . Fl. 05% . Kr. 50%
 Béke H.: Stg. 15% . Stk. 30% . Fl. 15% . Kr. 40%
 Vass I. H.: Stg. 10% . Stk. 25% . Fl. 15% . Kr. 40% . Tet. 10%

Die *VII. Gruppe* bezeichnet die herrschenden Farben der Gesteine, Tropfsteine, Mineralien des unterirdischen Hohlraumes in der Reihenfolge ihrer Verbreitung und besteht aus vier, durch Punkte getrennten Zahlen. Die nach der betreffenden Zahl rechts angegebene zweizifferige Zahl gibt die Häufigkeit der Farben in % an, wenn diese geringer ist als 10, schreibt man eine „0“ vor den einzifferigen Index.

- | | |
|---------------|---|
| weiss | 1 |
| gelb | 2 |
| braun | 3 |
| rosa | 4 |
| rot | 5 |
| schwarz | 6 |

z. B. Baradla H.: 1¹⁰.2¹⁰.5²⁰.6¹⁰
 Béke H.: 1²⁰.2⁴⁰.4⁰.5¹⁵
 Vass I. H.: 1⁴⁰.2⁰.4⁰.5¹⁵
 Pálvolgy H.: 2⁰⁰.3¹⁰.5⁰.4¹⁵.

Die *VIII. Gruppe* charakterisiert die Oberfläche und Struktur der Gesteine der unterirdischen Hohlräume. Unter Struktur versteht man die Weise, in welcher sich das Gestein im Raume entwickelt hat. So kann das Gestein dicht oder porös sein.

Wie einfach immer die Darstellung der in diese Gruppe gehörenden Eigenschaften erscheinen mag, umso schwerer ist ihre Anwendung in der Wirklichkeit. In den meisten unterirdischen Hohlräumen findet man alle aufgezählten Eigenschaften vor, man muss also zuerst die Lage der beobachteten Stelle festlegen. Das erste Glied ist daher eine vierzifferige Zahl, welche die Entfernung der fraglichen Stelle vom Eingang des Hohlräumens in Metern angibt. Durch einen Punkt getrennt folgt nun eine dreizifferige Zahl, welche die Himmelsrichtung des betreffenden Armes oder Raumes nach der 1-360° Kompassenteilung bezeichnet; wenn der Kompass eine zweizifferige Zahl angibt, setzt man vor diese eine „0“. In die VIII. Gruppe kommen also, durch Punkte getrennt, insgesamt 12 Ziffern. Nach den, die Stelle näher bezeichnenden 5 Ziffern wenden wir nämlich 2 Zahlen für die Charakterisierung der Oberfläche des Raumes an und geben durch andere Zahlen 3 charakteristische Momente zur Bestimmung der Struktur hervor.

Wenn der Gebrauch aller Bezeichnungen nicht angezeigt ist, ergänzen wir die zwei, bzw. drei Zahlen durch eine „0“.

Oberfläche

| | |
|---|---|
| glatt | 1 |
| etwas rau (Sandkörnchen v. 1 mm bleiben bei einer Neigung v. 45° hängen) | 2 |
| rau | 3 |

Struktur

| | |
|--------------------------------------|---|
| dicht | 4 |
| mit kleinen Poren durchgesetzt | 5 |
| porös | 6 |
| löcherig | 7 |
| rissig | 8 |
| brekzienartig ausgebildet. | 9 |

z. B. Baradla H.: 5316m.180°.2.3.4.6.7
 Béke H.: 1620m. 275°.1.2.4.8.9
 Vass I. H.: 0350m.130°.2.3.4.8

Die *IX. Gruppe* gibt über die Lagerung der in der Höhle sichtbaren Gesteine Aufschluss. Wir bezeichnen zuerst die Stelle wo wir die Lage der Gesteinsschichten mit Hilfe eines Bergmannkompasses bestimmt haben. Nach dieser Bestimmung folgt mit einer dreizifferigen Zahl die Einfallsrichtung (wenn die Zahl keine drei Ziffern ergibt, schreiben wir eine oder zwei „0“ davor) und nachher bezeichnet eine zweizifferige Zahl den Einfallswinkel. Die IX. Gruppe vereint also 12 Ziffern.

z. B. Baradla H.: 5316m.180°.00°.00°

Die *X. Gruppe* gibt über einige, in dem betreffenden unterirdischen Hohlraum festgestellten meteorologischen Daten Auskunft; ihre, durch Punkte getrennte 5 Glieder bezeichnen Einzelheiten. Die Werte der Schwankungen schreiben wir in der Form von Bruchzahlen. Die Stelle der Beobachtung muss auch angegeben werden.

Dies ergibt den

1. Standpunkt in „m“, nachher schreiben wir den
2. Zeitpunkt der Beobachtung: 1961/0103, dass heisst: 3. Januar 1961.
3. Die beobachteten Temperatur-Maxima (zweizifferige Zahlen im Zähler das Maximum, im Nenner das Minimum in $^{\circ}\text{C}$ angegeben)
4. Dunstgehalt in % (zweizifferige Zahl)
5. Richtung der Luftströmung, im Sommer von der Höhle aus dem Eingang zu. . . „ex“
6. Richtung der Luftströmung im Sommer vom Eingang der Höhle zu . . . „in“
7. Maximum und Minimum des Luftdruckes am Tage der Beobachtung in der Form einer Bruchzahl (dreizifferige Zahlen mit mm Zeichen, im Zähler das Maximum im Nenner das Minimum).

Die *X. Gruppe* wird also durch insgesamt 28 Ziffern und Zeichen durch 5 Punkte getrennt ausgedrückt.

z. B. Vass I. H.: 0300m.1960/0820.9,3/9,0 $^{\circ}\text{C}$.91/90‰.ex.770/750mm

Die *XI. Gruppe (1. Glied)* gibt die hydrologischen Daten an. Der Ort der Beobachtung muss auch hier, in der Weise, wie dies bei der VIII., IX, und X. Gruppe geschehen ist, genau festgestellt werden. Die Teilangaben werden durch 8, durch Punkte getrennte Glieder zusammengefasst.

Das 2. *Glied*, wenn wir es anführen, bedeutet, dass der betreffende unterirdische Hohlraum im allgemeinen das ganze Jahr hindurch in seiner ganzen Ausdehnung trocken ist. Ein Tröpfeln nach ausgiebigen Niederschlägen, das keinen Wasserlauf verursacht, oder eine 1 m² nicht übersteigende Wasserfläche, zählen nichts. Ansonsten wird das Tröpfeln in der Form einer Bruchzahl durch zwei zweizifferige Zahlen angegeben. Im Zähler figuriert der Tag, an welchem nach dem Niederschlag das Tröpfeln beginnt. Im Falle einer einzifferigen Zahl setzen wir eine „0“ vor diese, so dass „07“ den siebenten Tag nach dem Niederschlag angibt. Der Nenner gibt die Zahl der Tage an, während derer das Tröpfeln gedauert hat.

Das 3. *Glied* gibt über das Vorhandensein eines ständigen Wasserlaufes Auskunft. Die Ausgiebigkeit des Wasserlaufes hängt vom Niederschlag des wassersammelnden Areals ab. Dies ist wiederum durch eine 2-2-zifferige Bruchzahl ausdrückbar. In den Zähler schreiben wir die Menge des Niederschlages („mm“), in den Nenner die Wassergiebigkeit in m³/sec.

4. *Glied*. Eine dreizifferige Zahl bezeichnet die Richtung des Wasserlaufes nach den Daten des Bergmannkompasses. Wenn die Zahl nur ein- bzw. zweizifferig ist, schreiben wir „00“ oder „0“ davor.

Das 5. *Glied* bezieht sich auf die Länge des Wasserlaufes in m (vierzifferig). Daneben geben wir durch je eine 2 zifferige Bruchzahl die durchschnittliche Breite (Zähler) und die durchschnittliche Tiefe (Nenner) an, beide in Metern mit dem Meter- („m“)-Zeichen. Wenn die Breite, bzw. Tiefe geringer ist, als 10 m, schreiben wir eine „0“ vor die betreffenden Zahlen.

Das 6. *Glied* gibt durch eine zweizifferige Zahl die Temperatur des Wasserlaufes an, wenn diese geringer ist, als 10, schreiben wir eine „0“ vor die betreffende Zahl.

Die beobachteten Temperatur-Maxima und -Minima werden daneben durch eine Bruchzahl angegeben (Zähler=Maximum, Nenner=Minimum). Werte unter 10 werden durch eine „0“ in zweizifferige Zahlen ergänzt mit Dezimal-Werten.

Das 7. *Glied* bezeichnet einen Höhlenteich; wenn es keinen solchen gibt, schreiben wir drei „0“, sonst schreiben wir eine dreizifferige Bruchzahl, im Zähler die durchschnittliche Länge („m“), im Nenner die durchschnittliche Breite in m, wenn nötig, durch „0“ oder „00“ ergänzt.

Das 8. *Glied* gibt durch eine vierzifferige Zahl die Fläche des Teiches in m² an. Daneben schreiben wir in der Form einer Bruchzahl die Wassermenge des betreffenden Teiches in km³ in den Zähler, die durchschnittliche Tiefe in m in den Nenner.

Das 9. *Glied* bezeichnet die Temperatur des Teiches in C[°] in der Form einer Bruchzahl (Zähler=Maximum, Nenner=Minimum). So besteht die ganze XI. Gruppe aus 30 Ziffern.

z. B. Baradla H.: 5316m.04/30.86mm/24m³/sec.690[°].
 22km02m/01m.10C[°]/02C[°].400m/008m.
 6000m².2.4km³/0.8m.10C[°]/02C[°]
 Vass I. H.: 0230m.02/30.17mm/0.6m³/sec.315[°].001km.01m/0.4m.
 .10C[°]/09C[°].000m/000m.000m 000km³.00C[°]/00C[°].

Die XII. *Gruppe* gibt über die Bestimmung bzw. die Benützungsmöglichkeiten des unterirdischen Hohlraumes Auskunft. Diese Möglichkeiten werden durch die folgenden 6 Zahlen angeführt:

| | |
|---|---|
| Turistik, Fremdenverkehr, gut gangbar | 1 |
| Forschung, schwer gangbar | 2 |
| Forschung, gefährlich | 3 |
| als Lagerraum benützbar | 4 |
| als Luftschutzraum geeignet | 5 |
| Heilziele | 6 |

Wo auf den betreffenden unterirdischen Hohlraum kein Bezug bestehen kann, schreiben wir eine „0“.

In der XII. Gruppe figurieren 3 durch Punkte getrennte Glieder; die Zahlen sind nach der Bedeutung der betreffenden Glieder zu ordnen. Wenn z. B. ein unterirdischer Hohlraum in erster Linie als Luftschutzraum geeignet erscheint (keine Tropfstein enthält, in der Nähe einer bewohnten Siedlung liegt, etc.) schreiben wir XII.5,4,0

* * *

Auch wenn gemäss dieser Methode eine vollständige Indizierung der unterirdischen Hohlräume angenommen würde, so wäre die Einführung eines kürzeren Indexsystems dennoch notwendig. Diese würde 25 Feststellungen mit 48, durch Punkte getrennten Ziffern ew. verkürzten Fachwörtern umschliessen. Und zwar:

I. *Gruppe*. 1. Feststellung, 1 Ziffer. Es wäre hier zu bezeichnen, von welcher Art der fragliche unterirdische Hohlraum ist (Höhle, Wasserschlinger, Schachthöhle, usw.)

Aus der II. *Gruppe* wären die vier wichtigsten Feststellungen zu entnehmen: die Bestimmung der geographischen Lage, d. h. Länge (7 zifferig), Breite (6 zifferig), Höhe über dem Meeresspiegel (3 zifferig) und die durchschnittliche Tiefe unter der Oberfläche (3 zifferig) zusammen 19 Ziffern.

Aus der *III. Gruppe* wären die zwei wichtigsten Vorgänge anzugeben (2 verkürzte Fachausdrücke durch Punkte getrennt).

Aus der *IV. Gruppe* genügen das vorherrschende Gestein und dessen Alter (mit Buchstaben ausgedrückt).

Aus der *V. Gruppe* wären die 3 häufigsten Mineralien anzugeben (durch Punkte getrennte 3 chemische Formeln).

Aus der *VI. Gruppe* die drei meist verbreiteten Tropfsteinarten (durch Punkte getrennte 3 Buchstaben).

Aus der *VII. Gruppe* wären die die 2 häufigsten Farben bezeichnenden Zahlen zu entnehmen. Für die unterirdischen Hohlräume sind nämlich die herrschenden Farben charakteristisch.

Von der *VIII. Gruppe* sind zur Charakterisierung der Fläche und der Struktur 2–2 durch Punkte getrennte einzifferige Zahlen zu schreiben.

Die *IX. Gruppe*, welche die häufigste Einfallrichtung der Schichten des unterirdischen Hohlraumes und den sich zur Horizontalen ergebenden Einfallswinkel angibt, würde aus zwei Gliedern bestehen. Die Richtung bezeichnende Bruchzahl kann aus 3 Ziffern bestehen, wenn nicht, wäre sie durch „0“ oder „00“ zu ergänzen. Der Einfallswinkel ist 1- oder 2-zifferig, eine 1-zifferige Zahl ist durch eine vor ihr geschriebene „0“ zu ergänzen.

Die Glieder der *X. Gruppe* halten meteorologische Daten fest. Von diesen wären die Temperatur in C°, die Richtung der Luftströmung im Sommer anzugeben, d. h. zwei 2-zifferige Buchstaben.

Die *XI. Gruppe* hebt hervor, ob der fragliche unterirdische Hohlraum einen Wasserlauf enthält. Wenn ein Wasserlauf vorhanden ist, bezeichnet eine 2-zifferige Bruchzahl die Ergiebigkeit pro sec in m³.

Aus der *XII. Gruppe* könnten wir bezüglich der Verwendbarkeit des unterirdischen Hohlraumes mit einer einzifferigen Zahl die in erster Linie charakteristische Eigenschaft einführen.

Beispiele

Baradla H.:

I.1.2.3 II. 48°29'00".020°40'00". + 262m.—100.—120m6805m.180°.8100m/16 III. tekt.korra.korro IV. CaO.Tria V. CaCO₃.—" VI. Stg.25%.Stk.20%.Kri.50%.Fl.05% VII.1.10%.2.60%.5.20%.6.10% VIII. 5316m.180°.2.3.4.6.7 IX. 5316m.180°.C00°.00° X. 0360m.1961/01.09.10.5/10.1C°.96%.ex.000mm XI. 0670m.04/30.86mm/24m₃/sec.090°.22km.02m/0.1m.10/02C°.4CCm/C08m.6CCm².2.4km³.3/0.8m.10/02C° XII.1.2.4

Béke H.:

I.1.2.5 II. 48°29'00" + 340m—80.—120m.5888m.180°.1430m/C5 III. tekt.korra.korro. IV. CaO.Tri V. CaCO₃.—" VI. Stg.15%.Stk.30%Fl.15%.Kri.40% VII.1.30%.2.60%.4.05%.5.05% VIII.1620m.275°1.2.4.8.9 IX.1620m.275°00° X.1620m.1961.07.18.11/10C°.97%.ex.000mm XI.430m.0.4/30.86mm/1m³/sec.180°.2345m/2.3m/0.9m.11/04C°.CC0m/C0m.CC0m20km¹/00m.C0C° XII.1.2.6

Béke H. (verkürzte Formel):

I.2 II. 48°29'00".020°40'00". + 340m.120/80m.5888m III.tekt.korra IV. CaO.Tri V. CaCO₃.—" VI. StgStk.Kri. VII.1.2 VIII.1.2.4.8.9. IX.275°/00° X.11/10C° XI.1m³/sec XII.6

Vass I. H.:

I.1.2.5 II.48°29'00".020°40'00".+285m.—030m.—050m.1000m.090°.200m/5 III.Tekt.korro.korra
IV.CaO.Tri V.CaCO₃— VI.Stg.10%.Stk.25%.Fl.15%.Kri.40%.Tet.10% VII.1.40%.2.40%.
4.05%.5.15% VIII.350m.130°.2.3.4.8 IX.000°00° X.300m.1960.08,20.9.3/9.0C°.ex.770/750mm XI.
0230m.02/30.17mm/.0.6m/sec.315°.100m.01m/0.4m.10,09C°000m³.00m.0km³.00C° XII.2.3

Vass I.H. (verkürzte Formel):

I.5 II.48:29'00".020°40'00".+285m.—30m./050m1000m III.Tekt.korro IV.CaO.Tri V.CaCO₃—
VI.Stg. Stk.Kri. VII.1.2 VIII.2.3.4.8. IX.000°00° X.9.8./9.0C° XI.00.6m³/sec XII.3

Ein solches Indexsystem wird anfangs sicherlich Befremden begegnen. Die meisten Forscher lieben keinen Schranken und keine Gebundenheit: wenn wir aber daran denken, dass ähnliche Indexzahlen auch auf anderen wissenschaftlichen Gebieten gibt und dass Kürze und Unabhängigkeit von Sprachen einen grossen Vorteil bieten, dass auf diese Weise auch die Forschung vertieft und geordnet wird, können wir uns dennoch eine Annahme des hier gemachten Vorschlages vorstellen.

ИНДЕКСАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ

Ф. ПАПП

Предложение по обозначению местоположения, геологических достопримечательностей, метеорологических и гидрологических данных, а также эксплуатированности подземных полостей (пещеры, «жомбы», карстовые воронки и т. п.) цифрами и сокращенными терминами. Индексация предназначена не только для обеспечения международного понимания, но и для систематизации исследовательских работ.

Группа I. (цифры) — характер подземных полостей: 1. пещера, 2. пещера с ручьем, 3. пещера с озером, 4. пещера гидротермального происхождения, 5. пещера, проходимая по нескольким горизонтам — многоэтажная пещера, 6. ледяная пещера, 7. «жомб» (отвесная шахтообразная пещера), 8. карстовая воронка, 9. каменная ниша.

Группа II. (цифры) — обозначение точного местоположения: 1. широта, 2. долгота, 3. высота над уровнем моря, 4. мощность покрывающего слоя, 5. длина, ширина и высота главной ветви (средние величины), 6. направление простираения главной ветви, 7. общие длина, количество и ширина побочных ветвей.

Группа III. (сокращенные термины) — процессы, образовавшие полости: 1. тектонический — «tekt.», 2. корразионный — «korra.», 3. коррозионный — «korro.», 4. извержения — «erupt.», 5. искусственный — «artf.».

Группа IV. — материал и возраст пород (сокращенные термины): 1. известняк — CaO, 2. доломит — dol., 3. мергель — mrg., 4. гипс — CaS, 5. прочие осадки — sdm., 6. андезит — And., 7. дацит — Daz., 8. базальт — «Bas.», 9. прочие изверженные породы — eff. Возраст пород: архей — Arch., 2. кембрий — Camb., 3. силур — Silu., 4. девон — Devo., 5. карбон — Karbo., 6. пермь — Perm., 7. триас — Tria., 8. юра — Jura.,

9. мел — Krei., 10. эоцен — Eozä., 11. олигоцен — Olig., 12. плиоцен — Plio., 13. плейстоцен — Plei., 14. голоцен — Holo.

Группа V. — частые минералы (формулы): 1. кальцит, — CaCO_3 «—». 2. арагонит — CaCO_3 «+», 3. доломит — $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 4. гипс — CaSO_4 , 5. барит — BaSO_4 , 6. пирит — FeS_2 , 7. опал — SiO_2 , 8. прочие — etc.

Группа VI. — разновидности капельников (сокращенные термины): 1. сталагмит — Stg., 2. сталактит — Stk., 3. занавесь — Flg., 4. кристаллическое покрытие на стенах — Kr., 5. тетарата — Tct., 6. усики — Cir.

Группа VII. — цвета полостей (цифры): 1. белый, 2. желтый, 3. бурый, 4. розовый, 5. красный, 6. черный.

Группа VIII. — поверхность и структура пород (цифры): 1. гладкая, 2. слегка неровная, 3. неровная (шероховатая), 4. плотная, 5. швы, мелкие (поры), 6. швы, более крупные, 7. ноздреватая, 8. трещиноватая, 9. брекчиевая.

Группа IX. — залегание пород (цифры): 1. здесь следует указать направление падения и угол наклона согласно величинам, отсчитанным на геологическом компасе.

Группа X. — (метеорологические данные, цифры): 1. расстояние места наблюдения до входа, 2. время наблюдения, 3. максимум и минимум температуры, 4. влажность в %, 5. летом воздух струится наружу из полостей: ex., 6. летом воздух струится снаружи внутрь: in., 7. максимум и минимум атмосферического давления.

Группа XI. — гидрологические данные (цифры): 1. расстояние до входа, 2. наличие воды, при присутствии воды следует написать «2», а при отсутствии ее — «С», 3. наличие водного потока-ручья, дробное число, в числителе — количество атмосферических осадков, в знаменателе — дебит, 4. направление течения воды, 5. длина, ширина (в числителе) и глубина (в знаменателе) водного потока, 6. температура водного потока, 7. наличие озера, 8. площадь озера, 9. температура воды озера.

Группа XII. Для чего пригодны полости (цифры): 1. интуризм, 2. исследование — трудно проходима пещера, 3. исследование опасно, 4. склад, 5. убежище, 6. лечебные цели.

TARTALOM

INHALT — TABLE DES MATIÈRES — CONTENTS

| | | |
|-------------------------------|--|-----|
| CZÁJLIK ISTVÁN: | A Vass Imre-barlang részletes hidrologiai vizsgálatának újabb eredményei | 3 |
| — | New results of the detailed hydrological study of the Vass Imre cave (Summary) | 17 |
| JAKUCS, LÁSZLÓ: | Über die Färbung der Tropfsteine in den Höhlen | 21 |
| JÁNOSSY, DÉNES: | Vorläufige Ergebnisse der Ausgrabungen in der Felsnische Rejte 1. (Bükk-gebirge, Gem. Répáshuta) | 49 |
| LOKSA, IMRE: | Über die Landarthropoden der István-, Forrás- und Szeleta-Höhle bei Lillafüred | 59 |
| MAUCHA LÁSZLÓ és TÓTH JÓZSEF: | Fotogrammetrikus módszer a barlangok keresztmetszvé-nyezéseire | 83 |
| — | Photogrammetric method of surveying cross sections of caves (Summary) | 141 |
| — | Méthode photogrammétrique du levé des profils transversaux dans les grottes (Résumé) | 142 |
| FAPP, FERENC: | Aufstellung von Indexzahlen unterirdischer Hohlräume | 145 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----------------------|--|-----|
| ЦАЙЛИК, И.: | Новейшие результаты подробного гидрогеологического исследования пещеры им. «Имре Вашш» | 19 |
| ЯКУЧ, Л.: | К вопросу окраски капельников в пещерах | 46 |
| ЯНОШЦИ, Д.: | Предварительный отчет о раскопках, проведенных в рейтской каменкой нише № 1 (горы Бюкк, с Репашхута) | 58 |
| ЛОКША, Л.: | О наземных членистоногих в пещерах им. Иштван, Форраш, Селета в с. Лиллафюред | 81 |
| МАУХА, Л. и ТОТ, Й.: | Фотogramметрически метод профилирования пещер | 144 |
| ПАПП, Ф.: | Индексация подземных полостей | 153 |

MUNKATÁRSAINKHOZ

Évkönyvünk jobb, szebb és takarékosabb kivitele érdekében kérjük az alábbiak szem előtt tartását.

A dolgozat témáját a szerzők a kézirat végleges elkészítése előtt beszéljék meg a szerkesztőséggel, megállapodva a terjedelemben is. A kidolgozásnál a fogalmazás világos, tömör és magyaros legyen. Mellőzzük a szükségtelen leíró részeket és az ismétléseket. Kerüljük a közbevetett mondatokat, amelyek a szöveget nehézkessé tennék. Törekedjünk íráskészségünk fejlesztésére. Az elkészített dolgozatot tartalmilag és stílusban is csiszoljuk többszöri átolvasással.

A kézirat gépirással készítenendő 2 példányban, a papírnak csak egyik oldalára írva. Használjunk ritka (2-es) sorközt és szabvány méretet: egy lapra 25 sor, egy sorba 50 leütés (betű és szóköz) kerüljön. Baloldalt hagyjunk széles margót. Minél kevesebb utólagos javítást alkalmazzunk. Ezeket a szöveg megfelelő helyére tintával, jól olvashatóan írjuk be. A helyesírásra vonatkozólag az MTA szabályai irányadók. Az írógépen nem szereplő ékezeteket (í, ú, ü stb.) és az idegen ékezeteket pontosan és minden esetben jelöljük.

A felhasznált irodalmat a dolgozat végén szerzői betűrendben soroljuk fel a „Bibliográfiai hivatkozás” (MNOSZ 3497. sz. szabvány) *részletes* hivatkozási szabályai szerint. A felsorolt irodalmat sorszámozzuk, és a dolgozat megfelelő helyén zárójelben utalunk a sorszáma és esetleg az oldalszáma,

Illusztrációs anyagot is mellékeljünk a dolgozathoz, de csak a szükséges mértékben. A rajzok vagy fehér rajzpapíron, vagy pauszon készüljenek fekete tussal, a szükséges kicsinyítést figyelembe vevő vonalvastagsággal és betűnagysággal. A fényképekről éles nagyításokat készítettessünk fényes, fehér papíron 9×12 cm-es, vagy ennél nagyobb méretben. Nyomdai sokszorosításra csak kontrasztos képek alkalmasak. Az ábrákat folytatólagosan sorszámozzuk (függetlenül attól, hogy rajzok-e, vagy fényképek) és magyarázatukat külön lapra gépeljük. Elhelyezésüket a kéziratban is jelöljük meg a margón.

Idegen nyelvű kivonatot is mellékeljünk a dolgozathoz (orosz, francia, olasz, német vagy angol nyelven). Ennek hiányában fordítás céljára megfelelő magyar nyelvű kivonatot készítsünk, mely lehetőleg ne legyen terjedelmesebb a tanulmány 10–15%-ánál, de annak minden lényeges megállapítását tartalmazza.

Nem megfelelő módon elkészített kéziratokat a szerkesztőség nem fogadhat el.

A korrektúrát a megadott határidőre gondosan készítsük el a „Nyomdai korrektúrajelek” c. szabvány (MNOSZ 3491–51) előírásainak megfelelően. A kéziratból eltérő javításokat pirossal kell jelölni, de lehetőleg kerüljük, mert ezek tetemes költséget, munkatöbbletet és idővesztést okoznak.

Szerkesztőség

